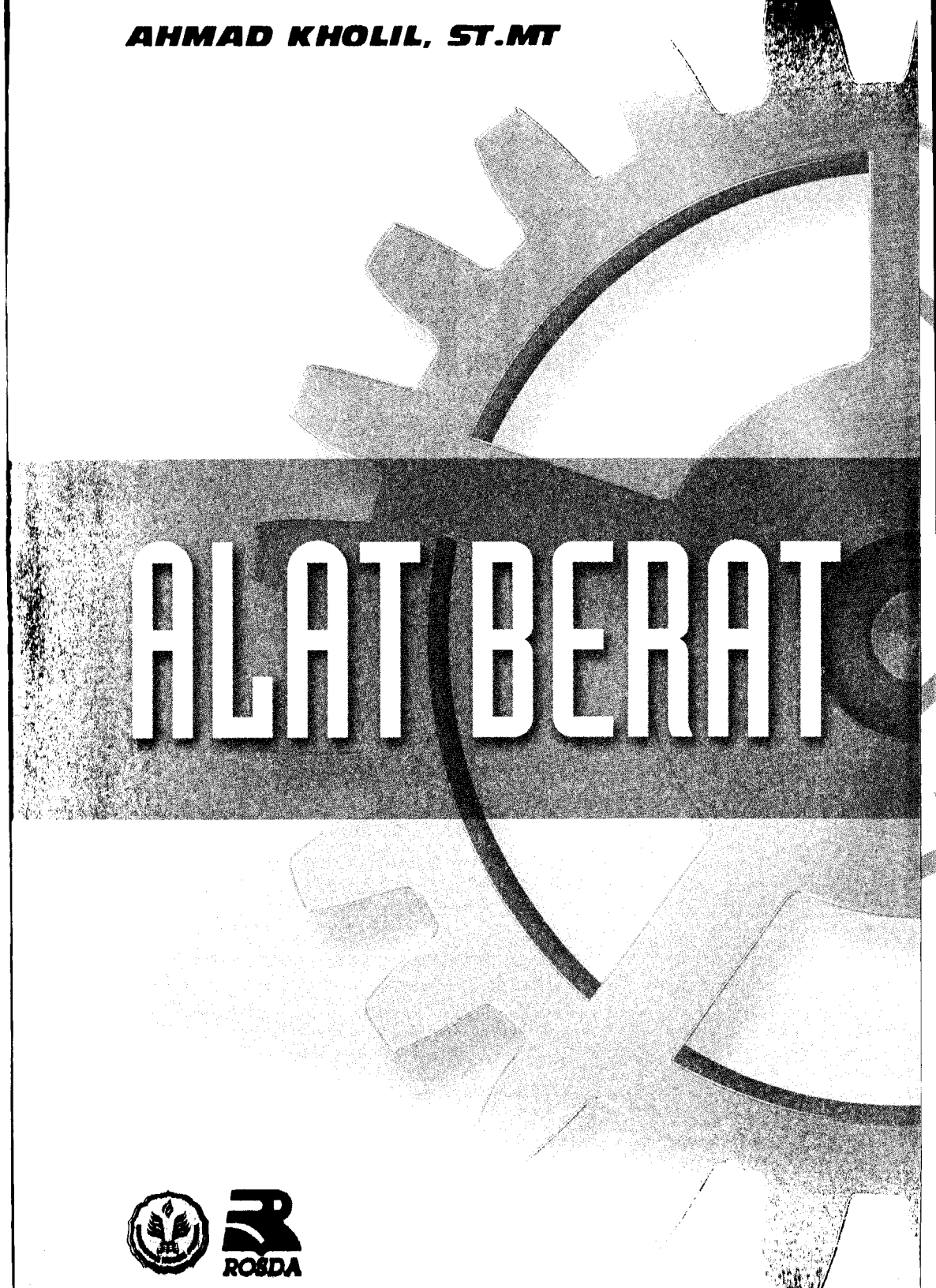
AHMAD KHOLIL, ST.MT

ALAT BERAT

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
ROSDA

AHMAD KHOLIL, ST.MT



ALAT BERAT

ROSDA

ALAT BERAT

RR.PK0196-01-2012
Penulis Ahmad Kholil, ST.MT.
Editor Adriyani Kamsyach
Desainer sampul Guyun Slamet
Layout Mansur Sudrajat
Diterbitkan oleh ***PT REMAJA ROSDAKARYA***
Jln. Ibu Inggit Garnasih No. 40
Bandung 40252
Tlp. (022) 5200287
Fax. (022) 5202529
e-mail: rosdakarya@rosda.co.id
www.rosda.co.id

Anggota Ikapi
Cetakan pertama, April 2012

Hak cipta dilindungi undang-undang pada Penulis

ISBN 978-979-692-080-8

Dicetak oleh PT Remaja Rosdakarya Offset - Bandung

KATA PENGANTAR

Pertama-tama penulis panjatkan puji syukur ke hadirat Allah karena atas limpahan rahmat-Nya, Buku *Alat Berat* selesai disusun.

Buku ini memuat beberapa hal yang menyangkut alat berat, meliputi: pengenalan alat berat, dasar-dasar pemindahan mekanis, alat pengangkat (*crane*), *loader,* dan alat pengangkut, alat gali (*excavator*), sistem tenaga pada alat berat, sistem *drive train* alat berat, dan sistem hidrolik alat berat. Semua bab berisikan soal latihan dan kasus-kasus yang harus diselesaikan oleh mahasiswa.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih terhadap civitas akademik di Jurusan Teknik Mesin UNJ yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk membuat Bahan Ajar, para kolega di KBI konstruksi perancangan. Tidak lupa, penulis menyampaikan permohonan maaf kepada semua pihak apabila ada hal yang kurang berkenan.

Akhirnya, "tidak ada gading yang tak retak" bahwasanya Buku ini belumlah sempurna. Semoga Buku ini dapat bermanfaat bagi proses pembelajaran di lingkungan FT UNJ, khususnya di bidang alat berat.

Maret 2012
Penulis

Ahmad Kholil, MT

DAFTAR ISI

Kata Pengantar — iii
Daftar Gambar — ix
Daftar Tabel — xiii

Bab 1 Pengenalan Alat Berat —— 1

A. Klasifikasi Alat — 2
   1. Klasifikasi Fungsional Alat Berat — 2
   2. Klasifikasi Operasional Alat Berat — 2
B. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Pemilihan Alat Berat — 3
C. Alat Berat pada Macam-Macam Proyek Konstruksi — 4
   1. Proyek Gedung — 4
   2. Proyek Jalan — 4
   3. Proyek Jembatan — 5
   4. Proyek Dam — 5

Rangkuman, Pertanyaan, dan Kasus — 6

Bab 2 Dasar-Dasar Pemindahan Mekanis — 7

A. Sifat-Sifat dan Jenis Tanah — 8
B. Waktu Siklus — 8
C. Efisiensi Alat — 9
D. Produktivitas dan Durasi Pekerjaan — 10
E. Gaya yang Memengaruhi Gerakan Alat Berat — 11
   1. Tahanan Gelinding (Rolling Resistance, RR) — 11
   2. Tahanan Kelandaian (Grade Resistance, GR) — 12
   3. Total Tahanan (Total Resistance, TR) — 13
F. Alat Penggerak — 14
G. Analisis Beban dan Tenaga — 14

Rangkuman, Pertanyaan, dan Kasus — 21

Bab 3 Alat Pengangkat (Crane) — 23

A. Terminologi Crane — 24
B. Macam-Macam Alat Pengangkat — 25
   1. Crane Beroda Crawler — 25
   2. Truck Crane — 26
   3. Crane untuk Lokasi Terbatas — 27
   4. Tower Crane — 28
   5. Kriteria Pemilihan Tower Crane — 30
C. Kapasitas Tower Crane — 31
D. Perangkat Mesin Pengangkat Fleksibel — 31
   1. Rantai Lasan — 32
   2. Rantai Rol — 332
   3. Tali Rami — 34
   4. Tali Baja — 35

Rangkuman, Pertanyaan, dan Kasus — 44

Bab 4 Loader dan Alat Pengangkut — 47

A. Loader — 48
B. Alat Pengangkut — 51

Rangkuman, Pertanyaan, dan Kasus — 53

Bab 5 Alat Gali (Excavator) — 55

A. Alat Penggali Hidraulis — 56
B. Dragline 58
C. Clamshell — 59

Rangkuman, Pertanyaan, dan Kasus — 61

Bab 6 Sistem Tenaga pada Alat Berat — 63

A. Tipe-Tipe Mesin — 64
   1. Mesin Inline — 64
   2. Mesin V-type — 64
   3. Mesin Horizontally-Opposed — 65
   4. Mesin Rotary — 65
B. Bagian-Bagian Mesin — 66
   1. Valve cover (penutup katup) — 66
   2. Cylinder head (kepala silinder) — 67
   3. Cylinder head gasket (gasket kepala silinder) — 68
   4. Cylinder block — 68
   5. Cylinder liner — 69
   6. Piston — 70
   7. Connecting rod — 71
   8. Crankshaft — 72
   9. Vibration damper — 73
   10. Flywheel housing damper — 73
   11. Timing gear — 74
   12. Valve mechanism (mekanisme katup) — 75
C. Jalur Tenaga pada Mesin — 77

Rangkuman, Pertanyaan, dan Kasus — 78

Bab 7 Sistem Drivetrain Alat Berat — 79

A. Torque Converter — 80
B. Transmission — 81
   1. Countershaft Transmission — 82
   2. Planetary Transmission — 84
C. Dropbox — 85
D. Propeller Shaft — 86

E. Axle & Final Drive Assemblies — 86
Rangkuman, Pertanyaan, dan Kasus — 87

Bab 8 Sistem Hidraulis Alat Berat — 89

A. Konsep Dasar Hidraulis — 89
1. Berat Adalah Gaya — 90
2. Usaha (Work) — 90
3. Daya (Power) — 91
4. Hukum Kesetimbangan — 91
5. Besar Tekanan yang Terbangkit — 92

B. Keuntungan dan Kerugian Sistem Hidraulis — 93

C. Jenis Pipa Hidraulis — 94

D. Lambang-Lambang dalam Siklus Hidraulis — 98

E. Komponen-Komponen Sistem Hidraulis — 104
1. Tangki Hidraulis — 104
2. Breather — 105
3. Filter — 106
4. Pressure Accumulator — 107
5. Pompa — 109
6. Stand-by Pressure Control — 112
7. Maximum Pressure Control — 113
8. Relief Valve — 114
9. Control Valve — 116
10. Holding Valve — 119
11. Regeneration — 120
12. Servo/Pilot Valve — 123
13. Silinder Kerja (Working Cylinder) — 124
14. Hidraulis Motor — 128
15. Shock Valve dan Anti-Cativation Valve — 133
16. Oil Cooler — 134

Rangkuman, Pertanyaan, dan Kasus — 138
Daftar Pustaka — 139
Tentang Penulis — 141

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram benda bebas untuk tahanan kelandaian — 12
Gambar 2.2 Tahanan gelinding dan tahanan kelandaian pada Jalan menajak dan jalan menurun — 13
Gambar 2.3 Tenaga yang tersedia versus beban/hambatan — 15
Gambar 2.4 Blade — 16
Gambar 2.5 Kapasitas straight angle dan semi-u blade — 16
Gambar 2.6 Beban potong — 17
Gambar 2.7 Beban tarik — 17
Gambar 2.8 Arch skidding vs ground skidding — 18
Gambar 2.9 Tahanan gelinding — 18
Gambar 2.10 Jalan beraspal — 19
Gambar 2.11 Jalan yang sudah diratakan tetapi belum diaspal — 19
Gambar 2.12 Jalan yang sudah dipadatkan oleh motor grader tetapi permukaannya lembut — 20
Gambar 2.13 Jalan yang tidak terawat, lembek seperti daerah pemuatan — 20

Gambar 2.14 Jalan yang tidak terawat, lembek, licin dan bukan untuk dump truck kaku — 20
Gambar 2.15 Jalan sangat buruk dan licin belum dirawat — 21
Gambar 3.1 Terminologi power crane — 24
Gambar 3.2 Crawler crane — 25
Gambar 3.3 Truck crane — 27
Gambar 3.4 Hydraulic truck crane — 28
Gambar 3.6 Bagian-bagian tower crane — 29
Gambar 3.7 Rantai lasan — 31
Gambar 3.8 Rantai rol — 33
Gambar 3.9 Tali rami — 34
Gambar 3.10a. Tali baja — 35
Gambar 3.10b. Macam-macam penampang tali baja — 36
Gambar 3.11a. Menentukan jumlah lengkungan tali dengan satu puli penggerak — 38
Gambar 3.11b. Menentukan jumlah lengkungan pada puli majemuk — 38
Gambar 4.1 Wheel loader mounted — 48
Gambar 4.2 Bucket — 49
Gambar 4.3 Bagian-bagian loader — 50
Gambar 4.4 Crawler loader mounted — 51
Gambar 4.5 Articulated dump truck — 52
Gambar 4.6 Dump truck — 52
Gambar 5.1 Front shovel — 57
Gambar 5.2 Backhoe — 57
Gambar 5.3 Dragline — 59
Gambar 5.4 Bucket clamshell — 60
Gambar 6.1 Mesin In-line — 64
Gambar 6.2 Mesin V-line — 65
Gambar 6.3 Mesin horizontally-opposed — 65
Gambar 6.4 Mesin rotary — 66
Gambar 6.5 Valve cover — 67
Gambar 6.6 Cylinder head — 67
Gambar 6.7 Cylinder head gasket — 68
Gambar 6.8 Cylinder block — 69
Gambar 6.9 Cylinder liner 70
Gambar 6.10 Piston 71
Gambar 6.11 Connecting rod — 72
Gambar 6.12 Crankshaft — 72
Gambar 6.13 Vibration damper — 73
Gambar 6.14 Flywheel housing damper — 73
Gambar 6.15 Timing gear — 75
Gambar 6.16 Mekanisme katup — 76
Gambar 6.17 Jalur tenaga pada Mesin — 77
Gambar 7.1 Sistem drivetrain pada loader — 80
Gambar 7.2 Mekanisme torque converter — 81
Gambar 7.3 Sistem transmisi loader — 82
Gambar 7.4 Countershaft transmission — 82
Gambar 7.5 Jalur tenaga countershaft transmission — 83
Gambar 7.6 Planetary transmission — 84
Gambar 7.7 Bagian-bagian planetary transmission — 84
Gambar 7.8 Dropbox gear — 85
Gambar 7.9 Propeller shaft — 86
Gambar 7.10 Axle assemblies — 86
Gambar 7.11 Ring dan pinion — 87
Gambar 8.1 Berat adalah gaya — 90
Gambar 8.2 Usaha — 91
Gambar 8.3 Kesetimbangan — 91
Gambar 8.4 Tekanan yang terbangkit — 92
Gambar 8.5 Jenis pipa hidrolik — 95
Gambar 8.6 Jenis-jenis penyambungan — 96
Gambar 8.7 Jenis-jenis hose — 98
Gambar 8.8 Rotary Motions — 99
Gambar 8.9 Metode aktuasi — 99
Gambar 8.10 Simbol posisi katup — 100
Gambar 8.11 Linier aktuator — 101
Gambar 8.12 Lambang-lambang siklus hidraulis — 103
Gambar 8.13 Tangki hidraulis dan sistemnya — 104
Gambar 8.14 Cara kerja Breather — 105
Gambar 8.15 Filter dan sistemnya — 106
Gambar 8.16 Pressure accumulator — 107
Gambar 8.17 Cara kerja pressure accumulator — 108

Gambar 8.18 Pompa dan sistemnya — 109
Gambar 8.19 Positive pump — 110
Gambar 8.20 Centrifugal pump — 110
Gambar 8.21 Variabel displacement piston pump — 111
Gambar 8.22 Skema stand-by pressure control — 112
Gambar 8.23 Cara kerja stand-by pressure control — 113
Gambar 8.24 Skema maximum pressure control — 113
Gambar 8.25 Skema relief valve — 114
Gambar 8.27 Skema control valve dan langkah kerja — 117
Gambar 8.28 Control valve housing — 118
Gambar 8.29 Contol valve spool — 118
Gambar 8.30 Skema holding valve — 120
Gambar 8.31 Skema Regeneration — 121
Gambar 8.32 Prinsip kerja regenerasi — 123
Gambar 8.33 Skema servo/pilot valve — 124
Gambar 8.34 Skema silinder kerja (working cylinder) — 126
Gambar 8.35 Gerak mekanis silinder kerja — 127
Gambar 8.36 Posisi penyekat (seal) — 128
Gambar 8.37 Skema hidraulis motor — 129
Gambar 8.38 Prinsip kerja hidraulis motor — 130
Gambar 8.39 Skema Hydraulic motor control — 132
Gambar 8.40 Skema Shock valve dan anti-cavitation valve — 133
Gambar 8.41 Oil cooler pada fluida air dan udara — 134
Gambar 8.42 Asaz black — 134
Gambar 8.43 Skema sistem Hidraulis Wheel Loader — 135
Gambar 8.44 Skema sistem Hidraulis Articulated Heuler — 136
Gambar 8.45 Beberapa jenis silinder — 137

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tahanan gelinding — 12
Tabel 2.2 Perbandingan antara traktor beroda ban dan beroda Crawler — 14
Tabel 3.1 Faktor keamanan rantai — 34
Tabel 3.2 Tali untuk crane dan pengangkat — 37
Tabel 3.3 Fungsi jumlah lengkungan — 39
Tabel 3.4 Efisiensi puli — 41
Tabel 3.5 Harga minimum faktor K dan e^1 yang diijinkan — 41
Tabel 3.6 Harga faktor e^2 yang tergantung pada konstruksi tali — 42
Tabel 3.7 Harga faktor m — 43
Tabel 3.8 Harga faktor C — 43
Tabel 3.9 Harga faktor C — 43
Tabel 3.10 Harga faktor C^2 — 43
Tabel 3.11 Harga a, z^2 dan — 44
Tabel 4.1 Faktor pemuatan materia — 49
Tabel 5.1 Faktor koreksi (BFF) untuk alat gali — 57

Tabel 5.2 Waktu siklus backhoe beroda crawler (menit) — 58
Tabel 5.3 Faktor koreksi untuk kedalaman dan sudut putar — 58
Tabel 8.1 Spesifikasi Beberapa Jenis Hose — 97

1

PENGENALAN ALAT BERAT

a. Klasifikasi alat berat
b. Faktor-faktor yang memengaruhi alat berat
c. Aplikasi alat berat pada macam-macam konstruksi

Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek-proyek konstruksi dengan skala yang besar. Tujuan penggunaan alat berat tersebut untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat. Alat yang umum dipakai di dalam proyek konstruksi antara lain *dozer*, alat gali (*excavator*) seperti *backhoe, front shovel, clamshell;* alat pengangkut seperti *loader,* truk dan *conveyor belt;* alat pemadat tanah seperti *roller* dan *compactor,* dan lain-lain.

Pemilihan alat berat yang akan dipakai merupakan salah satu faktor penting dalam keberhasilan suatu proyek. Alat berat yang

dipilih haruslah tepat sehingga proyek/pekerjaan berjalan lancar. Kesalahan dalam pemilihan alat berat dapat mengakibatkan proyek/pekerjaan tidak lancar. Dengan demikian keterlambatan penyelesaian pekerjaan dapat terjadi yang menyebabkan biaya akan membengkak. Produktivitas yang kecil dan tenggang waktu yang dibutuhkan untuk pengadaan alat lain yang lebih sesuai merupakan hal yang menyebabkan biaya yang lebih besar.

A. Klasifikasi Alat

Alat berat dapat dikategorikan ke dalam beberapa klasifikasi. Klasifikasi tersebut adalah klasifikasi fungsional alat berat dan klasifikasi operasional alat berat.

1. Klasifikasi fungsional alat berat

Klasifikasi fungsional alat adalah pembagian alat berdasarkan fungsi-fungsi utama alat. Berdasarkan fungsinya alat berat dapat dibagi sebagai berikut.

a. Alat pengolah lahan, seperti *dozer, scraper,* dan *motor grader.*
b. Alat penggali, seperti *excavator, front shovel, backhoe, dragline,* dan *clamshell.*
c. Alat pengangkut material, seperti *belt truck* dan wagon.
d. Alat pemindah material, seperti *loader* dan *dozer.*
e. Alat pemadat, seperti *tamping roller, pneumatic-tired roller, compactor,* dan lain-lain.
f. Alat pemroses material, seperti *crusher.*
g. Alat penempatan akhir material, seperti *concrete spreader, asphalt paver, motor grader,* dan alat pemadat.

2. Klasifikasi operasional alat berat

Alat-alat berat dalam pengoperasiannya dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain atau tidak dapat digerakkan (statis). Jadi klasifikasi alat berdasarkan penggeraknya dapat dibagi sebagai berikut.

a. Alat dengan penggerak, seperti *crawler* atau roda kelabang dan ban karet.
b. Alat statis, seperti *tower crane, batching plant,* dan *crusher plant.*

B. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Pemilihan Alat Berat

Pemilihan alat berat dilakukan pada tahap perencanaan, di mana jenis, jumlah, dan kapasitas alat merupakan faktor-faktor penentu. Tidak setiap alat berat dapat dipakai untuk setiap proyek konstruksi, oleh karena itu pemilihan alat berat yang tepat sangatlah diperlukan. Apabila terjadi kesalahan dalam pemilihan alat berat maka akan terjadi keterlambatan di dalam pelaksanaan, biaya proyek yang membengkak, dan hasil yang tidak sesuai dengan rencana.

Di dalam pemilihan alat berat, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan sehingga kesalahan dalam pemilihan alat dapat dihindari. Faktor-faktor tersebut antara lain sebagai berikut.

a. Fungsi yang harus dilaksanakan. Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti untuk menggali, mengangkut, meratakan permukaan, dan lain-lain.
b. Kapasitas peralatan. Pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus diangkut atau dikerjakan. Kapasitas alat yang dipilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan.
c. Cara operasi. Alat berat dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan, dan lain-lain.
d. Pembatasan dari metode yang dipakai. Pembatasan yang memengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya, dan pembongkaran. Selain itu metode konstruksi yang dipakai dapat membuat pemilihan alat berubah.
e. Ekonomi. Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting di dalam pemilihan alat berat.
f. Jenis proyek atau pekerjaan. Ada beberapa jenis proyek/pekerjaan yang umumnya menggunakan alat berat. Pekerjaan tersebut antara lain proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan,

irigasi, pembukaan hutan, dam, pertambangan, perminyakan, dan lain-lain.

g. Jenis dan daya dukung tanah. Jenis tanah di lokasi pekerjaan dan jenis material yang akan dikerjakan dapat memengaruhi alat berat yang akan dipakai. Tanah dapat dalam kondisi padat, lepas, keras, atau lembek.
h. Kondisi lapangan. Kondisi dengan medan yang sulit dan medan yang baik merupakan faktor lain yang memengaruhi pemilihan alat berat.

C. Alat Berat pada Macam-Macam Proyek Konstruksi

Pada setiap proyek atau pekerjaan ada keunikan di mana tidak semua alat berat perlu dipakai di proyek tersebut. Jenis-jenis proyek yang pada umumnya menggunakan alat berat adalah proyek gedung, pelabuhan, jalan, dam, irigasi, dan lain-lain.

1. Proyek Gedung

Alat berat yang umum dipakai di dalam proyek gedung adalah alat pemancang tiang fondasi (*pile driving*), alat penggali (*backhoe*) yang digunakan untuk penggalian *basement*, *crane* untuk pemindahan vertikal, *truck* untuk pengangkutan horizontal, *concrete mixer*, dan lain-lain. *Concrete mixer truck* sebagai pengangkut campuran beton. Alat pemadat juga sering digunakan untuk memadatkan tanah di sekitar *basement*.

2. Proyek Jalan

Proyek jalan pada umumnya menggunakan alat gali, truk, dozer, *grader*, alat pemadat, loader, dan lain-lain. Alat gali digunakan untuk menggali saluran di sekitar badan jalan. Buldoser berfungsi untuk mengupas tanah dan *grader* untuk membentuk permukaan tanah. *Loader* digunakan sebagai pemuat tanah ke dalam truk. Untuk jalan dengan perkerasan lentur digunakan *asphalt mixing plant* yang berfungsi untuk mencampurkan bahan campuran aspal yang kemudian disebarkan, diratakan, dan dipadatkan dengan menggunakan *asphalt finisher*. Sementara itu, untuk perkerasan kaku beton diolah dengan menggunakan *concrete batching plant* yang kemudian dipindahkan dengan menggunakan *truck mixer*.

3. Proyek Jembatan

Alat berat yang digunakan untuk proyek jembatan antara lain adalah alat pemancang tiang fondasi, alat penggali, *crane*, truk, *concrete mixer* atau *concrete mixer truck*, alat pemadat, dan lain-lain.

4. Proyek Dam

Proyek dam pada umumnya menggunakan alat penggali tanah, *crane*, truk, *concrete mixer* atau *concrete mixer truck*, alat pemadat tanah, *loader*, buldoser, *grader*. Alat penggali tanah yang umum dipakai untuk proyek dam berupa *backhoe* atau *front shovel*. *Concrete mixer* digunakan untuk mencampurkan bahan pembuatan beton yang dipakai untuk pembuatan dinding penahan tanah.

Rangkuman

1. Tujuan penggunaan alat berat tersebut untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat.
2. Alat yang umum dipakai di dalam proyek konstruksi antara lain *dozer*, alat gali (*excavator*) seperti *backhoe, front shovel, clamshell*; alat pengangkut seperti *loader, truk* dan *conveyor belt*; alat pemadat tanah seperti *roller* dan *compactor*, dan lain-lain.
3. Alat berat dapat dikategorikan ke dalam beberapa klasifikasi, yaitu: klasifikasi fungsional dan klasifikasi operasional.
4. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat antara lain: fungsi yang harus dilaksanakan, Kapasitas peralatan, cara operasi, pembatasan dari metode yang dipakai, ekonomi, jenis proyek atau pekerjaan, jenis dan daya dukung tanah, dan kondisi lapangan.

5. Jenis-jenis proyek yang pada umumnya menggunakan alat berat adalah proyek gedung, pelabuhan, jalan, dam, irigasi, dan lain-lain.

Pertanyaan

1. Jelaskan fungsi dan tujuan pemakaian alat berat.
2. Sebutkan dan jelaskan fungsi alat berat.
3. Apa yang dimaksud dengan klasifikasi fungsional dan klasifikasi operasional? Berikan contoh masing-masing klasifikasi tersebut.
4. Apa yang dimaksud dengan pembatasan metode yang dipakai?
5. Sebutkan peralatan yang dibutuhkan untuk proyek jalan tol.

Kasus

Suatu proyek PLTN (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir) akan dibangun di daerah tepi pantai yang jauh dari permukiman penduduk. Daerah tersebut masih alami dan sebagian besar tanahnya rawa-rawa. Megaproyek direncanakan untuk mengatasi kekurangan listrik di Pulau Jawa. Agar ada alih teknologi pemerintah menetapkan tenaga ahli yang terjun dalam pembangunan ini harus bangsa Indonesia, kecuali untuk tenaga tertentu saja. Bayangkan jika Anda sebagai perencana proyek yang bertugas untuk memfasilitasi alat berat, apa yang akan Anda lakukan? Berikan penjelasan dan kebutuhan alat apa yang bisa mendukung tercapainya megaproyek tersebut?

2

DASAR-DASAR PEMINDAHAN MEKANIS

Daftar Kompetensi Dasar

a. Sifat-sifat dan jenis tanah
b. Waktu siklus pemakaian alat berat
c. Efisiensi alat berat
d. Produktivitas dan durasi pekerjaan alat berat
e. Gaya yang memengaruhi alat berat
f. Penggerak alat berat
g. Analisis beban dan tenaga

Material yang ada di alam pada umumnya tidak homogen, melainkan merupakan material campuran. Material juga bervariasi dari jenis material yang berpori sampai yang padat. Dengan keadaan yang bervariasi seperti ini maka pada saat melakukan pemilihan alat berat yang akan dipakai di dalam proyek konstruksi otomatis jenis material di lapangan dan material yang akan dipakai merupakan hal yang perlu diperhatikan.

A. Sifat-Sifat dan Jenis Tanah

Material di suatu tempat atau dapat dikatakan di tempat asalnya disebut dengan material asli atau *bank material*. Jika suatu bagian dari material akan dipindahkan maka volume material yang dipindahkan tersebut akan berubah menjadi lebih besar daripada volume material di tempat asalnya. *Material* yang dipindahkan tersebut disebut dengan material lepas atau *loose material*. Demikian pula jika material yang telah dipindahkan kemudian dipadatkan maka volume material akan menyusut. Material yang telah dipadatkan disebut sebagai material padat atau *compacted material*. Hampir seluruh material yang telah dipadatkan mempunyai volume yang lebih kecil daripada volume tanah asli atau material di tempat asalnya. Hal ini disebabkan pemadatan dapat menghilangkan atau memperkecil ruang atau pori di antara butiran material. Akan tetapi batuan pecah mempunyai volume tanah asli *(bank volume)* hampir sama dengan volume tanah yang dipadatkan *(compacted volume)*. Pasir dan lempung padat tertentu bahkan mempunyai *compacted volume* lebih besar daripada *bank volume*.

B. Waktu Siklus

Siklus kerja dalam pemindahan material merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang. Pekerjaan utama di dalam kegiatan tersebut adalah menggali, memuat, memindahkan, membongkar muatan, dan kembali ke kegiatan awal. Semua kegiatan tersebut dapat dilakukan oleh satu alat atau oleh beberapa alat.

Waktu yang diperlukan di dalam siklus kegiatan di atas disebut waktu siklus atau *cycle time* (CT). Waktu siklus terdiri dari beberapa unsur. *Pertama* adalah waktu muat atau *loading time* (LT). Waktu muat merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat untuk memuat material ke dalam alat angkut sesuai dengan kapasitas alat angkut tersebut. Nilai LT dapat ditentukan walaupun bergantung dari jenis tanah, ukuran unit pengangkut (*blade, bowl, bucket*, dan seterusnya), metode dalam pemuatan dan efisiensi alat.

Unsur kedua adalah waktu angkut atau *hauling time* (HT). Waktu angkut merupakan waktu yang diperlukan oleh suatu alat untuk bergerak dari tempat pemuatan ke tempat pembongkaran. Waktu angkut bergantung dari jarak angkut, kondisi jalan, tenaga alat, dan lain-lain. Pada saat alat kembali ke tempat pemuatan maka waktu yang diperlukan untuk kembali disebut waktu kembali atau *return time* (RT). Waktu kembali lebih singkat daripada waktu berangkat karena kendaraan dalam keadaan kosong.

Waktu pembongkaran atau *dumping time* (DT) juga merupakan unsur penting dari waktu siklus. Waktu ini bergantung dari jenis tanah, jenis alat, dan metode yang dipakai. Waktu pembongkaran merupakan bagian terkecil dari waktu siklus.

Unsur terakhir adalah waktu tunggu atau *spotting time* (ST). Pada saat alat kembali ke tempat pemuatan adakalanya alat tersebut perlu antre dan menunggu sampai alat diisi kembali. Saat mengantre dan menunggu ini disebut waktu tunggu. Dengan demikian:

$$CT = LT + HT + DT + RT + ST$$

C. Efisiensi Alat

Dalam pelaksaan pekerjaan dengan menggunakan alat berat terdapat faktor yang memengaruhi produktivitas alat, yaitu efisiensi alat. Bagaimana efektivitas alat tersebut bekerja bergantung dari beberapa hal, yaitu:

- Kemampuan operator pemakai alat.
- Pemilihan dan pemeliharaan alat.
- Perencanaan dan pengaturan letak alat.
- Topografi dan volume pekerjaan.
- Kondisi cuaca.
- Metode pelaksanaan alat.

Cara yang umum dipakai untuk menentukan efisiensi alat adalah dengan menghitung berapa menit alat tersebut bekerja secara efektif dalam satu jam. Contohnya jika dalam satu jam waktu efektif alat bekerja adalah 45 menit maka dapat dikatakan efisiensi alat adalah 45/60 atau 0,75.

D. Produktivitas dan Durasi Pekerjaan

Dalam menentukan durasi suatu pekerjaan maka hal-hal yang perlu diketahui adalah volume pekerjaan dan produktivitas alat tersebut. Produktivitas alat bergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat. Rumus dasar untuk mencari produktivitas alat adalah:

$$Produktivitas = \frac{Kapasitas}{CT}$$

Umumnya waktu siklus alat ditetapkan dalam menit sedangkan produktivitas alat dihitung dalam produksi/jam. Jika faktor efisiensi alat dimasukkan maka rumus di atas menjadi:

$$Produktivitas = Kapasitas \; x \frac{60}{CT} \; x \; Efisiensi$$

Pada umumnya dalam suatu pekerjaan terdapat lebih dari satu jenis alat yang dipakai. Sebagai contoh pekerjaan penggalian dan pemindahan tanah. Umumnya alat yang dipakai adalah *excavator* untuk menggali, loader untuk memindahkan hasil galian ke dalam *back truck,* dan truk digunakan untuk pemindahan tanah. Karena ketiga jenis contoh alat tersebut mempunyai produktivitas yang berbeda-beda, maka perlu diperhitungkan jumlah masing-masing alat. Jumlah alat perlu diperhitungkan untuk mempersingkat durasi pekerjaan. Salah satu cara menghitung jumlah alat adalah sebagai berikut.

- Tentukan alat mana yang mempunyai produktivitas terbesar.
- Asumsikan alat dengan produktivitas terbesar berjumlah satu.
- Hitung jumlah alat jenis lainnya dengan selalu berpatokan pada alat dengan produktivitas terbesar,

- Untuk menghitung jumlah alat-alat lainnya gunakan rumus:

$$Jumlah_{alat\,1} = \frac{Produktivitas_{terbesar}}{Produktivitas_{alat\,1}}$$

Setelah jumlah masing-masing alat diketahui maka selanjutnya perlu dihitung durasi pekerjaan alat-alat tersebut. Salah satu caranya dengan menentukan berapa produktivitas total alat setelah dikalikan jumlahnya. Kemudian dengan menggunakan produktivitas total terkecil maka lama pekerjaan dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$Durasi = \frac{Volume_{pekerjaan}}{Produktivitas_{terkecil}}$$

E. Gaya yang Memengaruhi Gerakan Alat Berat

Ada beberapa gaya yang memengaruhi gerakan alat berat. Gaya-gaya tersebut antara lain tahanan gelinding atau *rolling resistance* (RR), tahanan kelandaian atau *grade resistance* (GR), dan gabungan kedua tahanan tersebut yaitu *total resistance* (TR).

1. Tahanan Gelinding (rolling resistance, RR)

Tahanan gelinding merupakan suatu gaya yang terjadi akibat gesekan roda alat yang sedang bergerak dengan permukaan tanah. Besar tahanan ini akan berbeda pada setiap jenis dan kondisi permukaan tanah atau jalan dan juga sangat bergantung dari tipe roda alat berat. Diperkirakan diperlukan tahanan gelinding alat sebesar 1,5 sampai 2,0% berat alat agar alat tersebut dapat bergerak. Tabel berikut berisi besarnya tahanan gelinding berdasarkan jenis permukaan tanah dan tipe roda.

Tabel 2.1
Tahanan gelinding, (%)

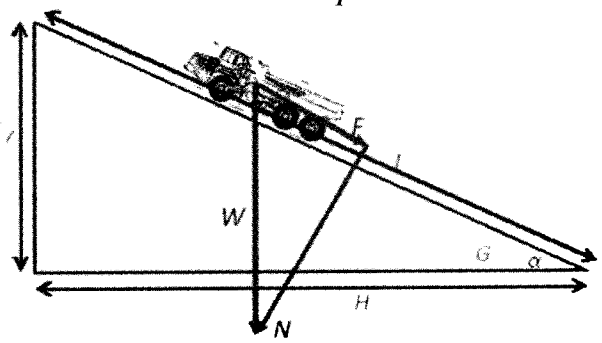
Tipe Permukaan	Roda Crawler	Roda Ban	
		Biasa	Radial
Jalan (perkerasan lentur maupun kaku) dengan permukaan keras dan mulus, dipadatkan, dan terpelihara baik.	0	1,5	1,2
Jalan tanah dengan permukaan mulus dan keras, dipadatkan, dan terpelihara baik.	0	2,0	1,7
Jalan tanah dengan permukaan sedikit berlumpur dan (pemeliharaan tidak berkala)	0	3,0	2,5
Jalan tanah berlumpur kurang terpelihara	0	4,0 – 5,0	8,0 – 14,0
Jalan tanah berlumpur tidak dipadatkan dan tidak terpelihara	0	8,0 – 14,0	8,0 – 14,0
Pasir lepas dan kerikil	2,0	10,0	10,0
Jalan tanah sangat berlumpur	8,0	20,0	20,0

(Sumber: Caterpilar Performance Handbook, 1993)

2. Tahanan Kelandaian (grade resistance, GR)

Pada saat alat berat bergerak di permukaan yang menarik maka selain tahanan gelinding ada gaya yang menahan alat tersebut. Gaya tersebut dinamakan tahanan kelandaian. Yang dimaksud dengan kenaikan permukaan sebanyak 1% adalah kenaikan sebanyak 1 m untuk setiap 100 m jarak horizontal. Untuk kenaikan 1% diperlukan tahanan sebesar 10 kg untuk setiap 1 ton berat alat agar alat tersebut dapat bergerak naik. Dari Gambar 2.1, yang dimaksud dengan tahanan kelandaian adalah F. $\frac{F}{W}$ sama dengan $\frac{F}{W}$, maka tahanan kelandaian dapat dirumuskan menjadi:

$$GR = F = \frac{V}{I} \; x \; W$$



Gambar 2.1 Diagram benda bebas untuk tahanan kelandaian

untuk kelandaian lebih kecil dari 10%, dari $V/I = \sin\alpha \approx \tan\alpha$ maka

F = W tan α

Jika,

$$\tan\alpha = \frac{V}{H} = \frac{G\%}{100}$$

dan G% adalah gradien maka

$$F = W \; x \; \frac{G\%}{100}$$

jika W = 1000 kg/ton, maka rumus di atas menjadi

GR = F = 10kg/ton x G%

3. Total Tahanan (total resistance, TR)

Total tahanan merupakan jumlah dari tahanan gelinding dan tahanan kelandaian, dengan rumus

$$TR = RR \pm GR$$

Nilai GR akan berubah berdasarkan keadaan permukaan jalan. Pada jalan naik arah GR sama dengan arah RR sehingga rumus menjadi

TR = RR + GR. Sementara itu, pada jalan menurun arah GR berlawanan dengan arah RR sehingga rumus menjadi TR = RR – GR.

Gambar 2.2 Tahanan gelinding dan tahanan kelandaian pada jalan menajnak dan jalan menurun.

F. Alat Penggerak

Alat penggerak pada alat berat dapat berupa crawler atau ban karet. Untuk beberapa jenis alat berat seperti truk, *scraper* atau *motor grader*, alat penggeraknya adalah ban karet. Untuk alat-alat seperti *backhoe*, alat penggeraknya bisa salah satu dari kedua jenis di atas. Umumnya penggunaan ban karet dijadikan pilihan karena alat berat dengan ban karet mempunyai mobilitas lebih tinggi daripada alat berat yang menggunakan crawler. Alat penggerak ban karet juga menjadi pilihan untuk kondisi permukaan yang baik. Sedangkan pada permukaan tanah yang lembek, basah atau berpori umumnya digunakan alat berat beroda crawler. Pada tabel berikut, terdapat faktor-faktor yang menjadi dasar pemilihan alat dengan menggunakan roda ban dan roda *crawler*.

Tabel 2.2
Perbandingan antara traktor beroda ban dan beroda *crawler*

Roda Ban Karet	Roda Crawler
Digunakan pada permukaan yang baik (misalnya beton)	Untuk digunakan pada bermacam-macam jenis permukaan
Bekerja baik pada permukaan yang menurun dan datar	Dapat bekerja pada berbagai permukaan
Cuaca yang basah dapat menyebabkan slip	Dapat bekerja pada tanah yang basah atau berlumpur
Bekerja baik untuk jarak tempuh yang panjang	Mempunyai jarak tempuh yang pendek
Dipakai untuk mengatasi tanah lepas	Dapat dipakai untuk mengatasi tanah keras
Kecepatan alat dalam keadaan kosong tinggi	Kecepatan alat dalam keadaan kosong rendah

(Sumber: *Construction Planning, Equipment, and Methods*, 1996)

G. Analisis Beban dan Tenaga

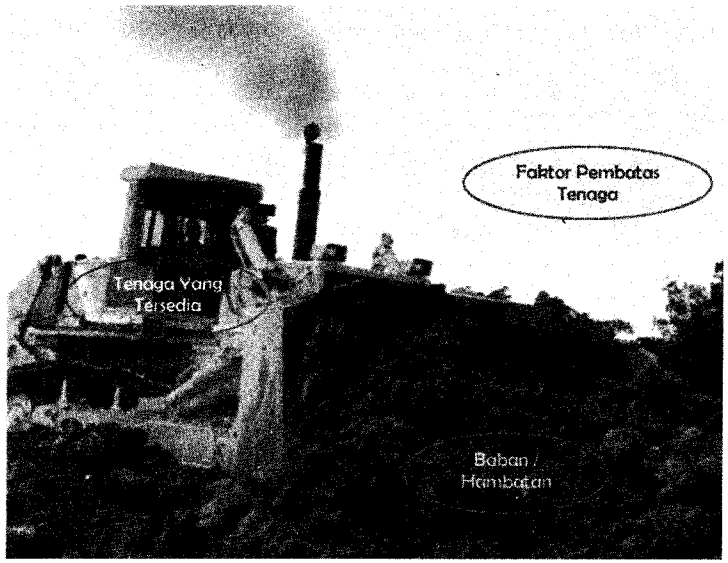
Analisis ini penting dipelajari, dengan mengetahui analisis beban dan tenaga alat yang digunakan maka dapat diketahui tingkat kemampuan dan kecepatan kerja optimal alat tersebut.

Tahap tahap analisis yang dilakukan adalah:

- Menentukan beban total mesin/alat.
- Menentukan tenaga yang tersedia atau kombinasi *draw bar pull* dengan kecepatan.
- Memeriksa traksi kritis mesin untuk menentukan tenaga tarik yang digunakan.
- Membandingkan beban terhadap tenaga tarik yg digunakan pemilihan gigi (*speed*).
- Mengadakan koreksi tenaga yang tersedia, apabila mesin beroperasi pada ketinggian tertentu.

Faktor yang memengaruhi pemilihan dan pemakaian alat-berat adalah:

- Tenaga yang tersedia.
- Faktor pembatas tenaga.
- Beban/hambatan mesin.



Gambar 2.3 Tenaga yang tersedia versus beban/hambatan
(*Sumber: Handout Analisa Beban Tenaga-TC Dept. PT United Tractors*)

a. Beban Dorong

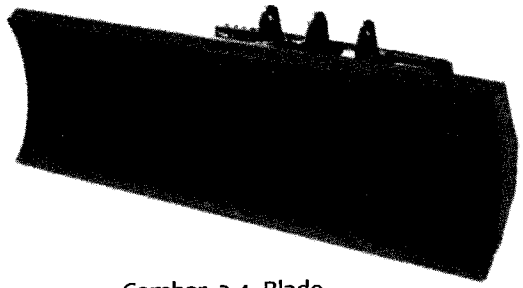
Beban dorong adalah beban yang timbul jika mendorong atau menggusur material.

Beban Dorong = KB x BD

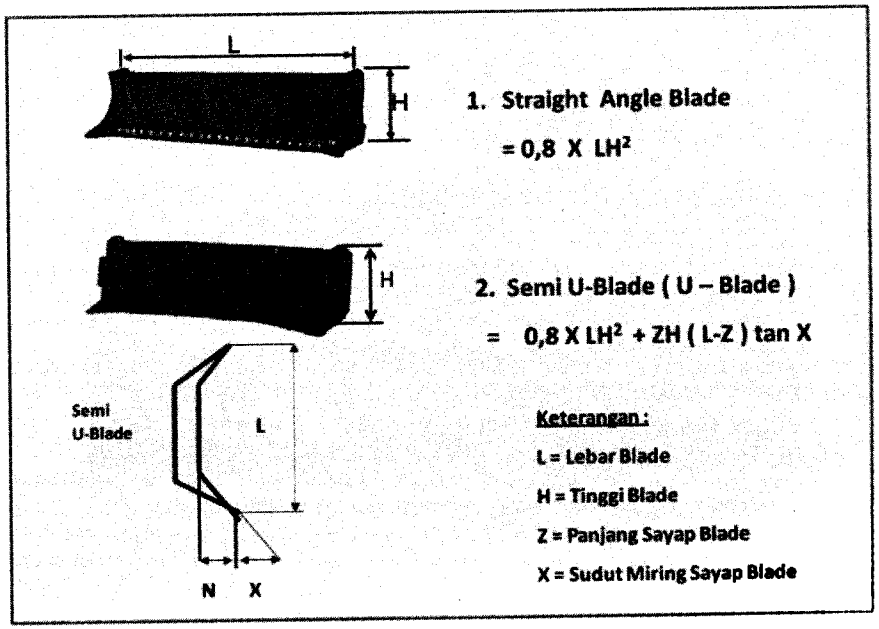
di mana: KB = Kapasitas blade (m^3)
BD = Berat material (kg/m^3)

KB = L x H^2 x faktor koreksi

(disesuaikan dengan properti material atau dikalikan 0,8)



Gambar 2.4 Blade
(Sumber: www.erskineattachments.com/attachments/blade-grader-leveler)

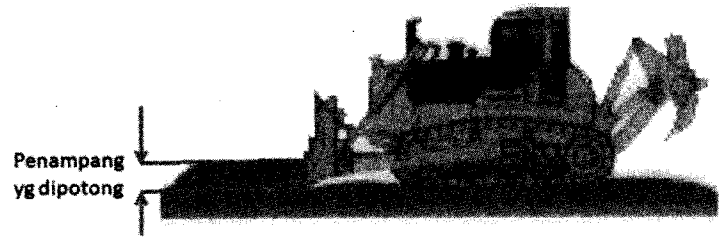


Gambar 2.5 Kapasitas *straight angle* dan semi u-blade
(Sumber: *Handout Analisa Beban Tenaga-TC Dept. PT United Tractors*)

b. Beban Potong

Beban potong adalah beban yang timbul sebagai reaksi material terhadap potongan yang dilakukan kepadanya.

Beban potong = q x dr (kg)
di mana: q = luas penampang tanah yang dipotong (cm^2)
dr = *Shear strength*

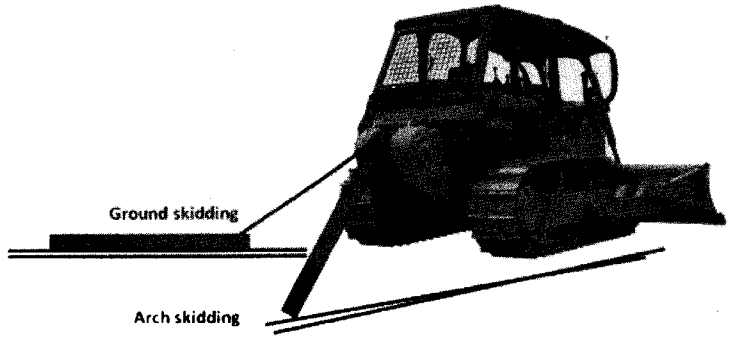


Gambar 2.6 Beban Potong
(Sumber: *Handout Analisa Beban Tenaga-TC Dept. PT United Tractors*)

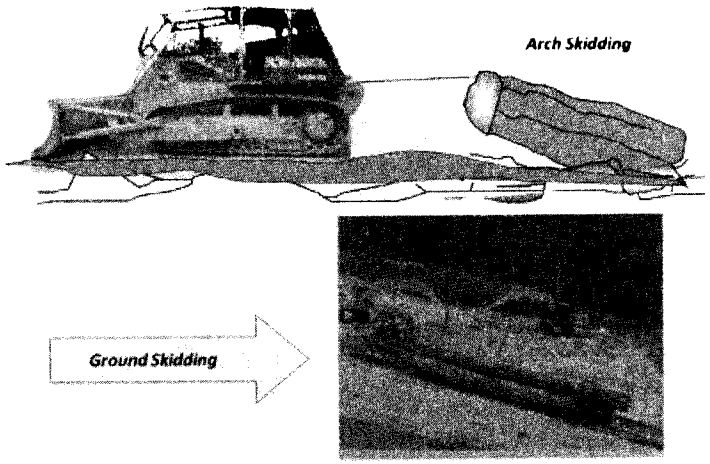
c. Beban Tarik

Beban tarik merupakan tahanan yang timbul akibat adanya gesekan dari benda yang ditarik.

Beban Tarik = BK x cq (kg)
di mana BK = Berat material (kg)
cq = koefisien gesek
(*ground skidding = 0,90*)
(*arch skidding = 0.35*)



Gambar 2.7 Beban Tarik
(Sumber: *Handout Analisa Beban Tenaga-TC Dept. PT United Tractors*)



Gambar 2.8 Arc skidding versus ground skidding
(*Sumber: Handout Analisa Beban Tenaga-TC Dept. PT United Tractors*)

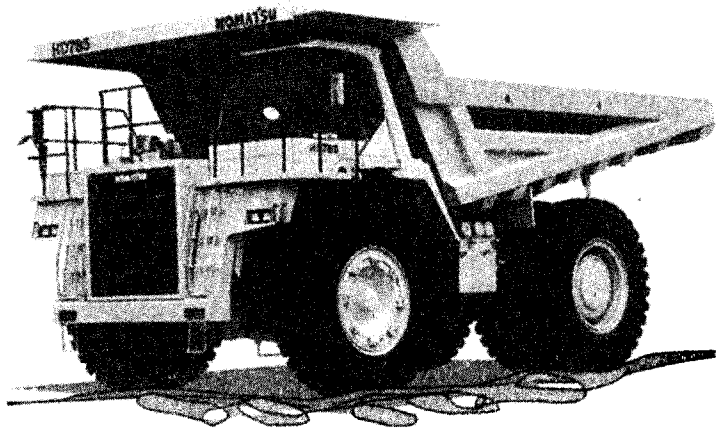
d. Tahanan Gelinding/Rolling Resistance

Tahanan gelinding adalah tahanan terhadap roda yang menggelinding akibat adanya gesekan antara roda dan tanah/jalan.

Tahanan Gelinding = w x r (kg)

di mana: w = berat kendaraan (kg)

r = koefisien tahanan gelinding



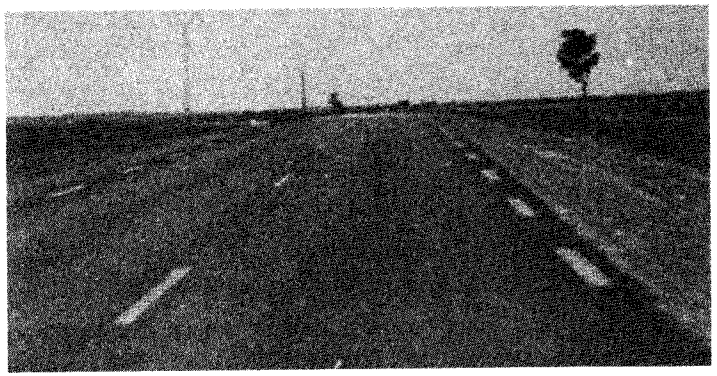
Gambar 2.9 Tahanan gelinding (*Sumber: Handout Analisa Beban Tenaga TC Dept. PT United Tractors*)

Tabel 2.3

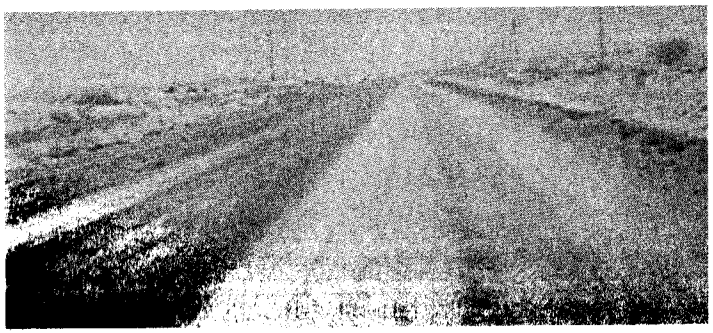
Tahanan gelinding dari beberapa jenis jalan

(Sumber: Handout Analisa Beban Tenaga-TC Dept. PT United Tractors)

No	Jenis Permukaan Jalan	RR
1	Jalan terawat dengan baik, permukaan rata dan mulus, tidak terlalu basah dan berdebu, tidak tenggelam menahan berat kendaraan.	2%
2	Kondisi jalan sama dengan nomor 1, tetapi permukaannya agak tenggelam jika menahan berat kendaraan.	3,5%
3	Agak terawat, tidak basah, tenggelam menahan berat kendaraan.	5%
4	Kurang terawat, dasar jalan tidak padat dan tidak stabil, bekas roda mudah terbentuk di jalan.	8%
5	Jalan berpasir atau berkerikil.	10%
6	Sama sekali tidak terawat, lembek, berlumpur, bekas roda sangat mudah terbentuk.	15%-20%



Gambar 2.10 Jalan beraspal
(*Sumber: Handout Analisa Beban Tenaga-TC Dept. PT United Tractors*)



Gambar 2.11 Jalan yang sudah diratakan, tetapi belum diaspal
(*Sumber: Handout Analisa Beban Tenaga TC Dept. PT United Tractors*)

Gambar 2.12 Jalan yang sudah dipadatkan oleh *motor grader*, tetapi permukaannya lembek (*Sumber: Handout Analisa Beban Tenaga-TC Dept. PT United Tractors*)

Gambar 2.13 Jalan yang tidak terawat, lembek seperti daerah pemuatan (*Sumber: Handout Analisa Beban Tenaga-TC Dept. PT United Tractors*)

Gambar 2.14 Jalan yang tidak terawat, lembek, licin dan bukan untuk *dump truck* kaku(*Sumber: Handout Analisa Beban Tenaga-TC Dept. PT United Tractors*)

Gambar 2.15 Jalan sangat buruk dan licin tidak terawat (*Sumber: Handout Analisa Beban Tenaga-TC Dept. PT United Tractors*)

Rangkuman

1. Pada saat melakukan pemilihan alat berat yang akan dipakai di dalam proyek konstruksi, otomatis jenis material di lapangan dan material yang akan dipakai merupakan hal yang perlu diperhatikan.
2. Material yang dipindahkan tersebut disebut material lepas atau *loose material.*
3. Material yang telah dipadatkan disebut sebagai material padat atau *compacted material.*
4. Waktu yang diperlukan di dalam siklus kegiatan disebut waktu siklus atau *cycle time* (CT). Waktu siklus terdiri dari beberapa unsur, yaitu; waktu muat atau *loading time* (LT), waktu angkut atau *hauling time* (HT), *return time* (RT), waktu pembongkaran atau *dumping time* (DT), dan waktu tunggu atau *spotting time* (ST).
5. Efektivitas alat bergantung dari beberapa hal yaitu: kemampuan operator pemakai alat, pemilihan dan pemeliharaan alat, perencanaan dan pengaturan letak alat, topografi dan volume pekerjaan, kondisi cuaca, dan metode pelaksanaan alat.

6. Produktivitas alat bergantung pada kapasitas dan siklus alat.
7. Gaya yang memengaruhi gerakan alat berat antara lain tahanan gelinding atau *rolling resistance* (RR), tahanan kelandaian atau *grade resistance* (GR), dan gabungan kedua tahanan tersebut yaitu *total resistance* (TR).
8. Alat penggerak pada alat berat dapat berupa *crawler* atau ban karet.

Pertanyaan

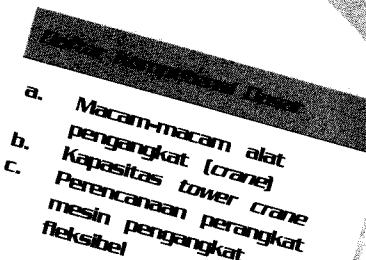
1. Mengapa jenis material menjadi pertimbangan saat pemilihan alat berat untuk konstruksi?
2. Apakah yang dimaksud dengan *loose material*? Jelaskan sifat-sifat dari material ini.
3. Apakah yang dimaksud dengan *compacted material*? Jelaskan sifat-sifat dari material jenis ini.
4. Jelaskan komponen-komponen dari waktu siklus.
5. Jelaskan yang dimaksud dengan RR, GR, dan TR?

Kasus

Articulated hauler yang sedang memuat batu bara bergerak pada permukaan tanah aspal dengan kondisi baik yang menurun dengan kelandaian 4,5%. Berapa total *grade* yang dialami alat tersebut supaya bergerak dengan mulus tanpa slip? Gunakan asumsi dan kondisi yang memungkinkan.

3

ALAT PENGANGKAT (CRANE)



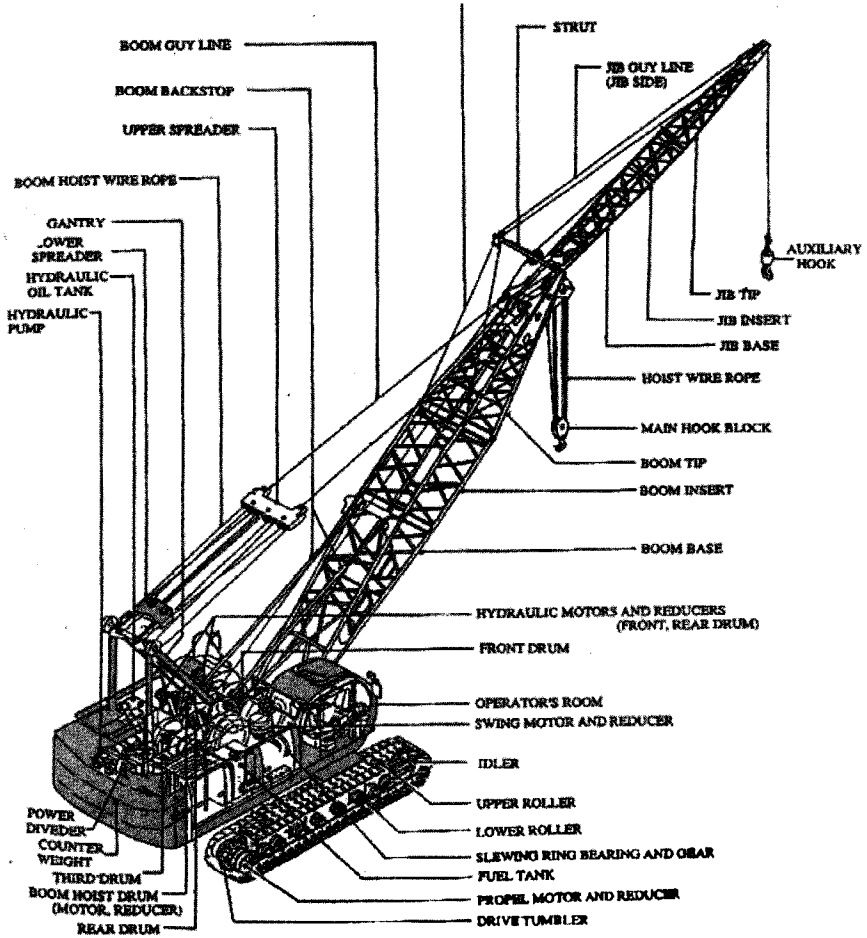
Banyak jenis alat pengangkat yang tersedia membuatnya sulit digolongkan secara tepat. Penggolongan ini masih diperumit lagi oleh kenyataan bahwa penggolongan ini juga didasarkan pada berbagai karakteristik, misalnya: desain, tujuan, jenis gerakan, dan sebagainya.

Jika digolongkan menurut jenis gerakannya (karakteristik kinematik), beban dianggap terpusat pada titik bobot beban tersebut dan penggolongan mesin ditentukan oleh lintasan perpindahan muatan yang berpindah pada bidang horizontal.

Penggolongan menurut tujuan penggunaan yang ditentukan dengan memperhatikan kondisi operasi khasnya, misalnya: crane dibagi menjadi crane untuk metalurgi, konstruksi, pelabuhan, dan sebagainya

A. Terminologi Crane

Power crane adalah hal yang umum kita temukan dalam pekerjaan yang luar biasa besarnya dan dalam kondisi kinerja yang perubahannya terjadi secara tetap sebagai suatu pesawat pengangkat. Tentu saja diperlukan pemilihan yang tepat dalam pemilihan *crane* mengingat secara ekonomi dibutuhkan biaya yang begitu besar, terkecuali untuk pekerjaan pertambangan yang secara kompetitif dapat dikerjakan secara mudah dengan menggunakan peralatan tersebut. Selain itu *power crane* memiliki banyak sekali komponen yang perlu dijaga dengan baik kondisinya agar bisa beroperasi maksimal.



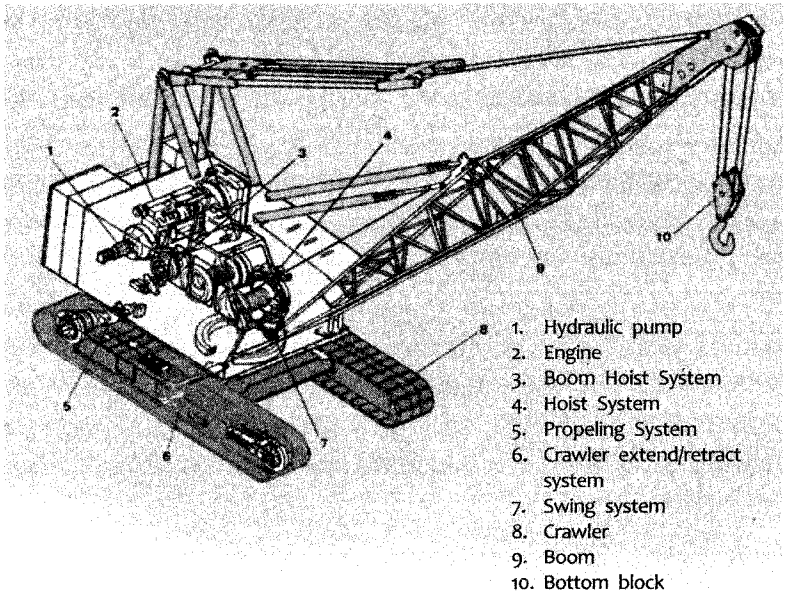
Gambar 3.1 Terminologi *power crane (Sumber: Kobelko Crane)*

B. Macam-Macam Alat Pengangkat

Alat pengangkat yang biasa digunakan di dalam proyek konstruksi adalah *crane*. Cara kerja *crane* adalah dengan mengangkat material yang akan dipindahkan, memindahkan secara horizontal, kemudian menurunkan material di tempat yang diinginkan. *Crane* mempunyai beberapa tipe yang di dalam pengoperasiannya, dipilih sesuai dengan kondisi suatu proyek. Tipe *crane* yang umum dipakai adalah: *crane* beroda *crawler* (*crawler crane*), *truck crane*, *truck crane* untuk lokasi terbatas, truck crane untuk segala jenis lokasi, dan *tower crane*.

1. Crane Beroda Crawler

Tipe ini mempunyai bagian atas yang dapat bergerak 360°. dengan roda *crawler* maka *crane* tipe ini dapat bergerak di dalam lokasi proyek saat melakukan pekerjaannya. Pada saat *crane* akan digunakan di proyek lain maka *crane* diangkut dengan menggunakan *lowbed trailer*. Pengangkutan ini dilakukan dengan membongkar *boom* menjadi beberapa bagian untuk mempermudah pelaksanaan pengangkutan.



Gambar 3.2 Crawler crane (Sumber: Crawler crane)

Pengaruh permukaan tanah terhadap alat tidak akan menjadi masalah karena lebar kontak antara permukaan dengan roda cukup besar, kecuali jika permukaan merupakan material yang sangat jelek. Pada saat pengangkutan material, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah posisi alat pada waktu pengoperasian harus benar-benar *water level*, antara keseimbangan alat dan penurunan permukaan tanah akibat beban dari alat tersebut. Pada permukaan yang jelek atau permukaan dengan kemungkinan terjadinya penurunan maka alat harus berdiri di atas suatu alas matras. Keseimbangan alat juga dipengaruhi oleh besarnya jarak roda *crawler*. Pada beberapa jenis *crane*, *crane* mempunyai crawler yang lebih panjang untuk mengatasi keseimbangan alat.

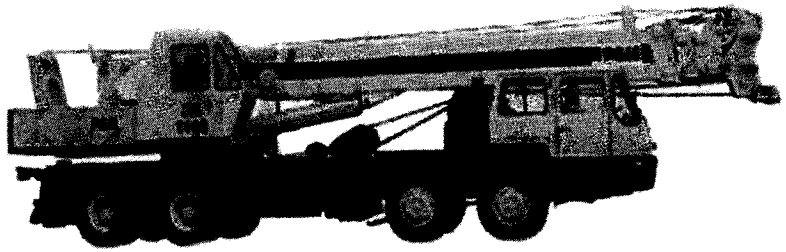
2. Truk Crane

Crane jenis ini dapat berpindah tempat dari satu proyek ke proyek lainnya tanpa bantuan alat pengangkutan. Akan tetapi beberapa bagian dari *crane* tetapi harus dibongkar untuk mempermudah perpindahan. Seperti halnya *crawler crane,* truk *crane* ini juga mempunyai bagian atas yang dapat berputar 360°.

Untuk menjaga keseimbangan alat, truk *crane* memiliki kaki (*outrigger*) seperti yang terlihat pada gambar 3.3. Di dalam pengoperasiannya kaki tersebut harus dipasangkan dan roda diangkat dari tanah sehingga keselamatan pengoperasian dengan *boom* yang panjang akan terjaga. Semakin keluar *outrigger* maka *crane* akan semakin stabil. Hal tersebut perlu menjadi perhatian karena *crane* jenis ini sangat tidak stabil. Selain itu, kondisi tempat crane bekerja juga harus ideal, yaitu tanpa guncangan, permukaan tanah yang datar (*water level*) dan cuaca tanpa angin.

Selain jenis di atas ada juga jenis lain dari *truck crane* yang disebut dengan *hydraulic truck crane* atau *telescopic crane*. *Boom crane* jenis ini dapat diperpanjang atau diperpendek sesuai dengan kebutuhan. Untuk memperpanjang atau memperpendek *boom* maka diperlukan tenaga hidrolis sebagai penggerak.

Gambar 3.3 *Truck crane (Sumber: P&H Kobelco mechanical truck crane)*



Gambar 3.4 *Hydraulic truck crane (Sumber: P&H Hydraulic truck crane)*

3. Crane untuk Lokasi Terbatas

Crane tipe ini diletakkan di atas dua buah as tempat kedua as ban dapat bergerak secara simultan. Dengan kelebihan tersebut maka *crane* ini dapat bergerak dengan lebih leluasa. Alat

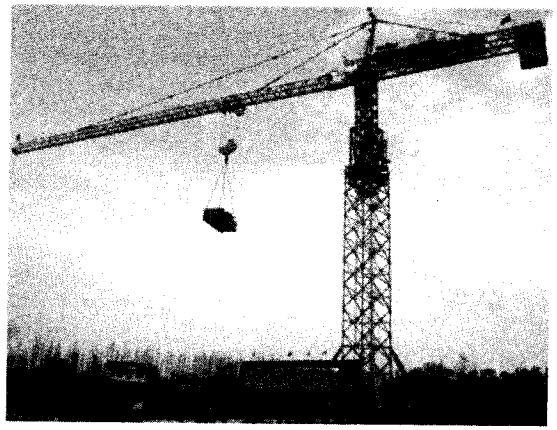
penggerak *crane* jenis ini adalah roda yang sangat besar yang diharapkan dapat meningkatkan kemampuan alat dalam bergerak di lapangan. Umumnya kecepatan maksimum alat ini di jalan raya adalah 30 mph. *Crane* jenis ini umumnya menggunakan *joystick* di dalam pengoperasiannya sehingga fungsi-fungsi alat dapat dilakukan secara bersama-sama.

Letak ruang *operator crane* biasanya pada bagian-bagian *deck* yang dapat berputar. Namun, beberapa model *crane* tipe ini memiliki ruang *operator* di bagian atas, sehingga *operator* bergerak bersama material yang diangkatnya.

4. Tower Crane

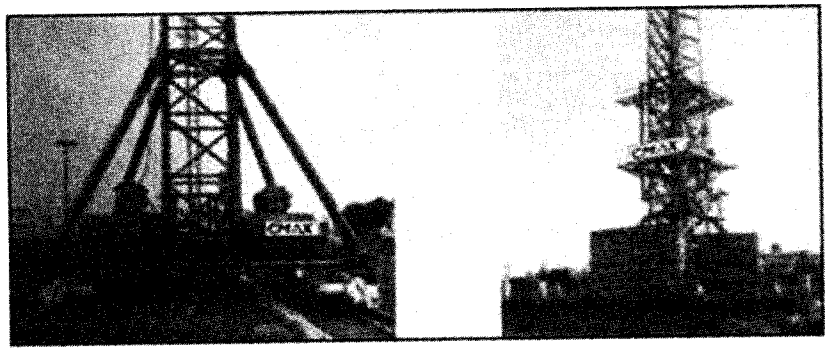
Tower crane adalah alat yang digunakan untuk mengangkat material secara vertikal dan horizontal ke suatu tempat yang tinggi pada ruang gerak yang terbatas. Tipe *crane* dibagi berdasarkan cara *crane* tersebut berdiri, yaitu crane yang berdiri bebas (*free standing crane*), *crane* di atas rel (*rail mounted crane*), crane yang ditambatkan pada bangunan (*ted-in tower crane*), dan *crane* panjat (*climbing crane*).

Bagian dari *crane* ini adalah *mast* atau tiang utama, *jib* dan *counter jib, counterweight, trolley,* dan *tie ropes. Mast* merupakan tiang vertikal yang berdiri di atas *base* atau dasar. *Jib* merupakan tiang horizontal yang panjangnya ditentukan berdasarkan jangkauan yang diinginkan.



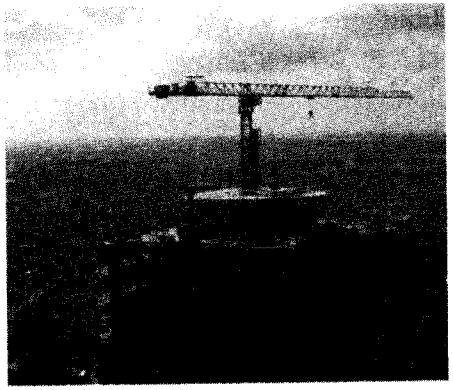
Gambar 3.5a *Free standing crane*
(Sumber: http://lionetmq.en.made-in-china.com/product/iqGxODkubKVU/China-Tower-Crane-Q900-.html)

Counter jib adalah tiang penyeimbang. Pada *counter jib* dipasangkan *counterweight* sebagai penyeimbang beban. Trolley merupakan alat yang bergerak sepanjang *jib* yang digunakan untuk memindahkan material secara horizontal dan pada trolley tersebut dipasangkan *hook* atau kait. Kait dapat bergerak secara vertikal untuk mengangkat material. *Tie ropes* adalah kawat yang berfungsi untuk menahan *jib* supaya tetap dalam kondisi lurus 90° terhadap tiang utama. Pada bagian atas tiang utama sebelum *jib* terdapat ruang operator dan di bawah ruang tersebut terdapat *sleewing ring* yang berfungsi untuk memutar *jib*. Selain itu juga terdapat *climbing device* yang merupakan alat untuk menambah ketinggian *crane*.

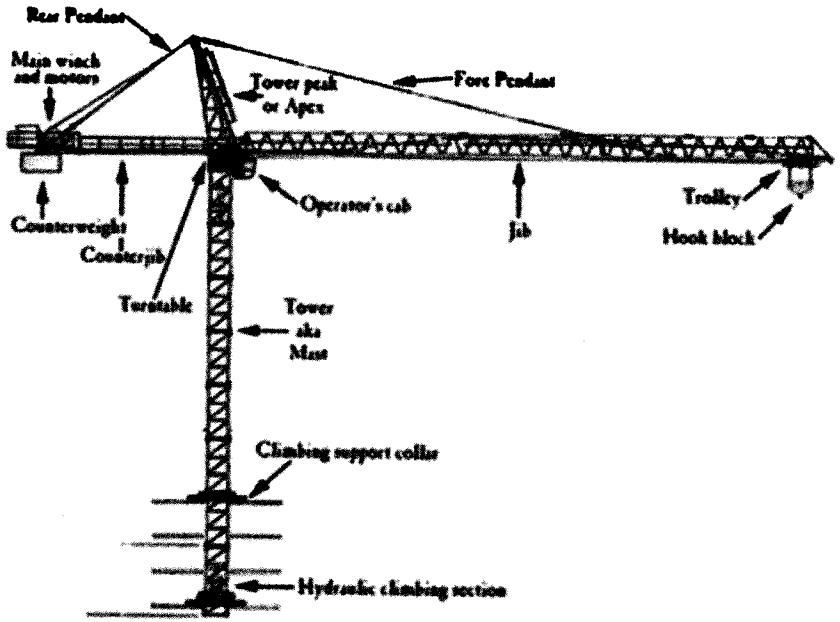


Gambar 3.5b *Rail mounted crane* (Sumber: http://www.tradeindia.com/fp416410/Rail-Mounted-Tower-Crane.html)

Gambar 3.5c *ted-in tower crane* (Sumber: http://lionetmq.en.made-in-china.com/product/VotJPLWxaXkq/China-Tower-Crane-Q60[illegible].html)



Gambar 3.5d *climbing crane* (Sumber: http://www.alibaba.com/product-gs/332375214/tower_crane_ 21CJ290_Internal_Climbing_Version.html)



Gambar 3.6 Bagian-bagian *tower crane* (Sumber: http://www.elcosh.org/en/document/911/1255/ d000865/part2_equipmentoverview.html)

5. Kriteria Pemilihan Tower Crane

Pemilihan *tower crane* sebagai alat untuk memindahkan material didasarkan pada kondisi lapangan yang tidak luas, ketinggian yang tidak terjangkau oleh alat lain, dan tidak dibutuhkannya pergerakan alat. Pemilihannya harus direncanakan sebelum proyek tersebut dimulai. Hal tersebut disebabkan *karena* dalam pengoperasiannya, *crane* harus diletakkan di suatu tempat yang tetap selama proyek berlangsung, sehingga crane harus mampu memenuhi kebutuhan akan pemindahan material dari suatu tempat ke tempat berikutnya sesuai dengan daya jangkau yang ditetapkan. Selain itu, pada saat proyek telah selesai, pembongkaran *crane* harus dapat dilakukan dengan mudah. Pemilihan *tower crane* yang akan dipakai harus memperhatikan:

- Situasi proyek
- Bentuk struktur bangunan
- Kemudahan operasional baik pada saat pemasangan maupun pada saat pembongkaran

- Ketinggian struktur bangunan yang dikerjakan.

Sementara itu, pemilihan kapasitas *tower crane* sebaiknya didasarkan atas hal hal berikut ini.

- Berat, dimensi, dan daya jangkau pada beban terberat
- Ketinggian maksimum alat
- Perakitan alat di proyek
- Berat alat yang harus ditahan oleh strukturnya
- Ruang yang tersedia untuk alat
- Luas area yang harus dijangkau alat
- Kecepatan alat untuk memindahkan material

C. Kapasitas Tower Crane

Kapasitas *crane* bergantung dari beberapa faktor. Yang perlu diperhatikan adalah jika material yang diangkut oleh *crane* melebihi kapasitasnya maka akan terjadi jungkir. Oleh karena itu, berat material yang diangkut sebaiknya sebagai berikut.

- Untuk mesin beroda *crawler* adalah 75% dari kapasitas alat.
- Untuk mesin beroda ban karet adalah 85% dari kapasitas alat.
- Untuk mesin yang memiliki kaki (*outrigger*) adalah 85% dari kapasitas alat.

Faktor luar yang harus diperhatikan dalam menentukan kapasitas alat adalah berikut ini.

- Kekuatan angin terhadap alat.
- Ayunan beban pada saat dipindahkan
- Kecepatan pemindahan material
- Pengereman mesin dalam pergerakannya.

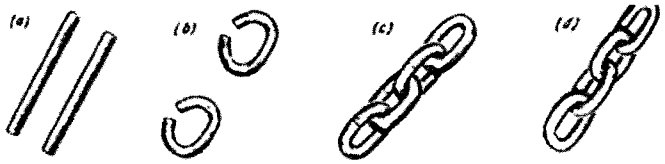
D. Perangkat Mesin Pengangkat Fleksibel

Beberapa komponen penting pada alat pengangkat adalah sebagai berikut.

1. Rantai lasan

Rantai lasan (*welded*) terbuat dari jalinan baja oval yang berurutan. Tahapan pembuatannya diawali dengan pemotongan batang baja bulat yang kemudian dilengkungkan secara seragam untuk semua bahan rantai. Batang baja lengkung diuntaikan dan dilas pada sambungan lengkungan secara teratur memanjang sehingga menghasilkan suatu untaian panjang terbuat dari baja.

Ukuran utama mata rantai adalah: kisar (t), sama dengan panjang bagian dalam mata rantai, lebar luar (B), dan diameter batang rantai (B), dan diameter batang rantai (b), bergantung pada perbandingan kisar dan diameter batang rantai, rantai lasan diklasifikasikan menjadi rantai mata pendek (t d" 3d) dan rantai mata panjang (t > 3d).



Gambar 3.7 Rantai lasan
(Sumber: Rudenko. N, *Mesin Pengangkat*, Penerbit Erlangga, 1996)

Rantai lasan terbuat dari baja campuran dengan Cromium dengan mata rantai dibuat dengan berbagai macam metode. Metode yang paling umum digunakan adalah pengelasan tempa dan pengelasan tahanan listrik. Dengan pengelasan tempa mata rantai dibuat dari satu batang baja, sedangkan jika menggunakan las tahanan listrik mata rantai terbuat dari dua potong baja lengkung yang dilas temu. Pengelasan dilakukan pada bagian yang lurus dari mata rantai tersebut. Pengelasan tahanan listrik menghasilkan rantai yang lebih tepat dengan kekuatan yang lebih tinggi.

Rantai lasan diuji tarik dengan tegangan aman yang lebih kecil, mengingat sifat statis tak tentu mata rantai terhadap tegangan internal dan adanya tegangan lentur tambahan ketika rantai melewati puli dan drum.

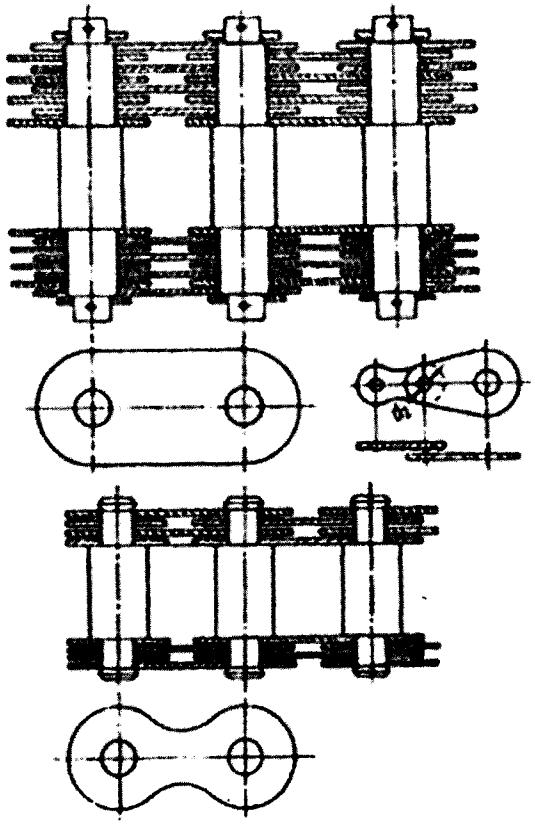
Rumus umum untuk memilih tegangan tarik rantai adalah:

$$S_c = \frac{S_{br}}{K}$$

di mana Sc beban aman yang diterima rantai (kg)
Sbr beban putus (kg)
K faktor keamanan (tabel)

2. Rantai rol

Rantai rol terdiri atas pelat yang dihubung-engselkan oleh pin. Rantai untuk beban ringan terbuat dari dua keping pelat saja, sedangkan untuk beban berat dapat menggunakan sampai 12 keping pelat. Pelat dapat dipaskan pada pin dengan memekarkan ujung pin. Metode ini digunakan untuk rantai dengan beban ringan. Untuk rantai yang menerima beban berat, ditambahkan cincin di bawah ujung pin yang dimekarkan. Pengikat belah dengan cincin atau pin belah saja digunakan apabila rantai harus sering dilepas hubungannya.



Gambar 3.8 Rantai rol (Sumber: Rudenko. N, *Mesin Pengangkat*, Penerbit Erlangga, 1996)

Tabel 3.1

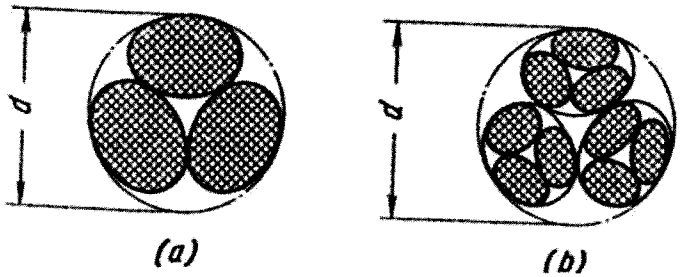
Faktor keamanan rantai

(Sumber: Rudenko. N, *Mesin Pengangkat*, Penerbit Erlangga, 1996)

Rantai	Digunakan	Fak. Keamanan K	Roda D/4	Jml. Min Gigi Sproket
Dilas, dikalibrasi, dan tidak dikalibrasi	Tangan daya	3 6	20 30	5 5
Dilas, dikalibrasi pada katrol	Tangan daya	4,5 8	20 30	–
Dilas tidak dikalibrasi mengikat beban	–	6	–	–
Dilas tidak dikalibrasi tidak mengikat beban	–	5	–	–
Roller	–	5	–	–

3. Tali Rami

Tali rami hanya cocok digunakan untuk alat pengangkat yang digerakkan dengan tangan, karena sifat mekanismenya lemah (cepat aus, kekuatan rendah, mudah rusak oleh benda tajam, pengaruh lingkungan). Diameter minimum puli tali adalah 10d (d adalah diameter nominal tali). Tali rami terutama digunakan untuk mengikat muatan ke kait pengangkat. Tali rami harus memenuhi standar nasional dan terbentuk dari tiga untai rami dan tiap untai terdiri atas beberapa serabut yang berbeda. Arah lilitan untaian harus berlawanan dengan serabut.



Gambar 3.9 Tali rami (Sumber: Rudenko. N, *Mesin Pengangkat*, Penerbit Erlangga, 1996)

Tali rami dipilih hanya berdasarkan kekuatan tariknya berdasarkan rumus:

$$S = \frac{\pi d^2}{4}\sigma_{br}$$

di mana; d diameter keliling dari untai (cm)

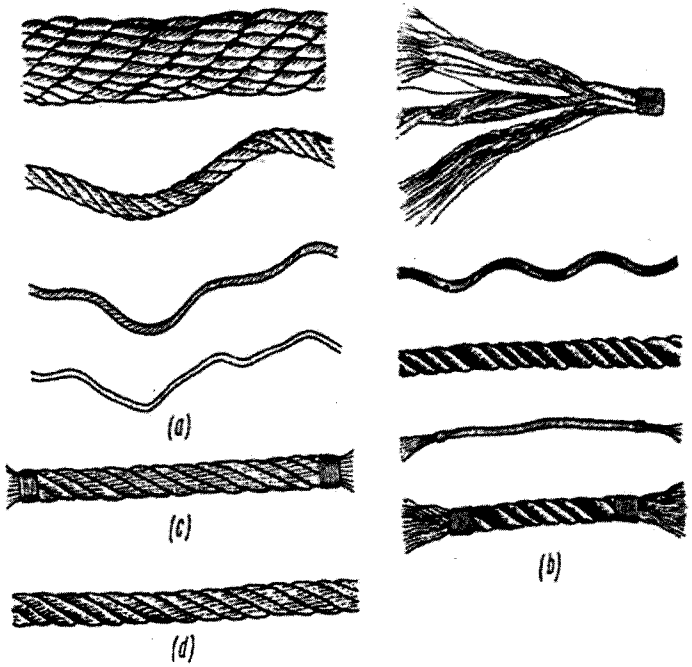
S beban pada tali (kg)

Kekuatan tegangan putus tali rami untuk pengangkat per sentimeter persegi luas penampang dari diameter nominal yakni diameter d termasuk ruang kosong tali rami adalah sebesar $\sigma br = 100$ kg/cm^2 untuk tali putih (tanpa aspal) dan $\sigma br = 90$ kg/cm^2 untuk tali dengan aspal.

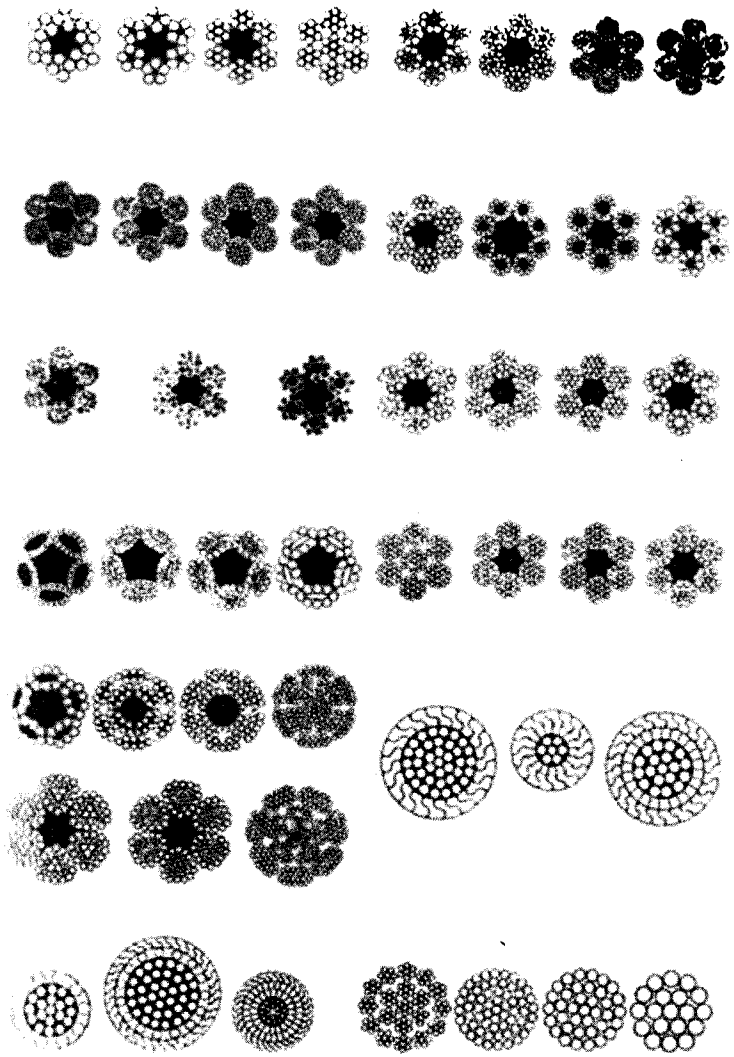
4. Tali baja

Tali baja digunakan secara luas pada alat pengangkat sebagai bagian dari alat angkat dibandingkan rantai karena keunggulan, di antaranya:

- lebih ringan,
- lebih tahan terhadap sentakan,
- operasi tenang walaupun pada kecepatan tinggi,
- keandalan operasi yang lebih tinggi.



Gambar 3.10a Tali baja (Sumber: Rudenko. N, *Mesin Pengangkat*, Penerbit Erlangga, 1996)



Gambar 3.10b Macam-macam penampang tali baja (Sumber: Rudenko. N, *Mesin Pengangkat*, Penerbit Erlangga, 1996)

Fenomena yang sangat rumit terjadi di dalam pengoperasian tali, karena banyak parameter yang tidak dapat ditentukan dengan tepat. Setiap kawat di dalam tali yang ditekuk mengalami tegangan yang rumit, yang merupakan gabungan tegangan tarik, lentur, dan puntir serta ditambah dengan saling menekan dan bergesekan di antara kawat dan untaian. Akibatnya, tegangan total yang terjadi dapat ditentukan secara analisis hanya pada

tingkat pendekatan tertentu. Lagi pula bila tali melewati puli dan drum, kawat pada bagian terluar akan mengalami kikisan yang akan mengurangi kekuatan tali tersebut.

Tabel 3.2

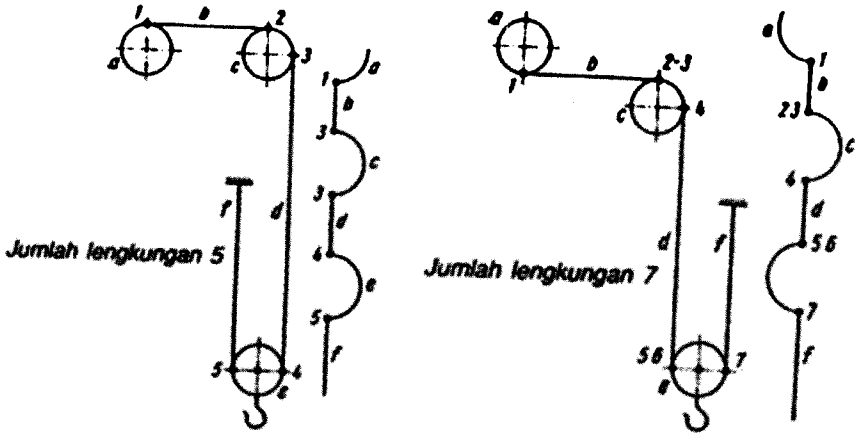
Tali untuk *cran e* dan pengangkat

(Sumber: Rudenko. N, *Mesin Pengangkat*, Penerbit Erlangga, 1996)

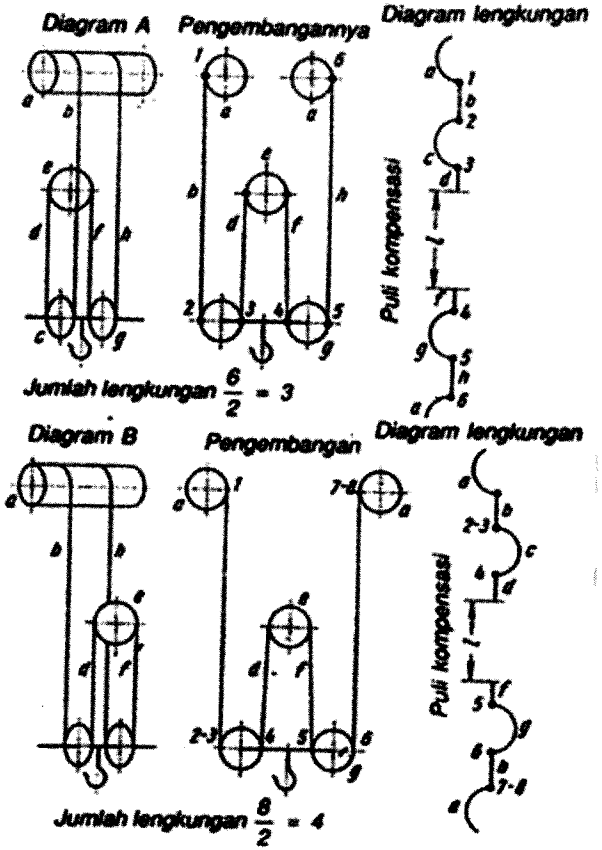
Faktor awal kemanan tali terhadap tegangan	Konstruksi tali							
	6x19=114+1C		6x37=222+1C		6x61=366+1C		10x17=342+1C	
	Posisi berpotongan	Posisi sejajar	Posisi berpotongan	Posisi sejajar	Posisi berpotongan	Posisi sejajar	Posisi berpotongan	Posisi sejajar
	Jumlah serat yang patah pada panjang tertentu setelah tali dibuang							
c6	12	6	22	11	36	18	36	18
6 - 7	14	7	26	13	30	19	38	19
> 7	16	8	30	15	40	20	40	20

Percobaan-percobaan menunjukkan bahwa umur tali sangat dipengaruhi oleh kelelahan. Diketahui juga bahwa setiap tali hanya dapat mengalami lengkungan tertentu sepanjang umur pakainya, sejumlah lengkungan tertentu yang telah melewati batas ini akan rusak dengan cepat.

Bergantung pada jumlah lengkungan, umur tali dapat ditentukan dengan memakai perbandingan $\frac{D_{min}}{d}$ (D_{min} adalah diameter minimum puli atau drum dan d adalah diameter tali) dan $\frac{D_{min}}{\delta}$ (adalah diameter kawat tali). Penyelidikan menunjukkan bahwa dengan perbandingan $\frac{D_{min}}{d}$ yang sama, umur tali kira-kira berbanding terbalik dengan jumlah lengkungan. Satu lengkungan diasumsikan sebagai perubahan tali dari kedudukan lurus menjadi kedudukan melengkung, atau dari kedudukan melengkung menjadi kedudukan lurus. Lengkungan berbalik yakni menuju arah berlawanan dengan lengkungan yang sebelumnya mengurangi umur tali sebanyak setengahnya, atau kira-kira sebanding dengan dua buah lengkungan ke arah yang sama. Jumlah lengkungan yang ditentukan oleh jumlah titik (puli, drum) tempat tali lewat, lengkungan dalam satu arah pada titik tersebut setara dengan lengkungan tunggal dan lengkungan variabel setara dengan lengkungan ganda.



Gambar 3.11a Menentukan jumlah lengkungan tali dengan satu puli penggerak *(Sumber: Rudenko. N, Mesin Pengangkat, Penerbit Erlangga, 1996)*



Gambar 3.11b Menentukan jumlah lengkungan pada puli majemuk *(Sumber: Rudenko. N, Mesin Pengangkat, Penerbit Erlangga, 1996)*

Untuk mendapatkan umur tali yang seragam, pengaruh jumlah lengkungan harus dikompresikan dengan suatu perubahan pada perbandingan $\frac{D_{min}}{d}$. Tabel 3.3 menunjukkan nilai $\frac{D_{min}}{d}$ sebagai fungsi jumlah lengkungan.

Tabel 3.3

Fungsi jumlah lengkungan

(Sumber: Rudenko. N, Mesin Pengangkat, Penerbit Erlangga, 1996)

Jumlah lengkungan	$\frac{D_{min}}{d}$	Jumlah lengkungan	$\frac{D_{min}}{d}$	Jumlah lengkungan	$\frac{D_{min}}{d}$	Jumlah lengkungan	$\frac{D_{min}}{d}$
1	16	5	26,5	9	32	13	36
2	20	6	28	10	33	14	37
3	23	7	30	11	34	15	37,5
4	25	8	31	12	35	16	3,8

Pemeriksaan kekuatan tali dilakukan sebagai berikut. Berdasarkan metode penggantungan muatan kita menggunakan tabel 3.3 untuk mencari $\frac{D_{min}}{d}$. Dengan menyatakan diameter tali dengan rumus $d = 1.5\delta\sqrt{i}$, kita peroleh $\frac{D_{min}}{1.5\delta\sqrt{i}}$, di mana δ adalah diameter satu kawat dan i adalah jumlah kawat dalam tali.

Tegangan pada tali yang dibebani pada bagian yang melengkung karena tarikan dan lenturan adalah:

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{\sigma_b}{K} = \frac{S}{F} + \frac{\delta E'}{D_{min}}$$

dengan: σ_b = kekuatan putus bahan kawat tali (kg/cm^2)

K = faktor keamanan tali

S = tarikan pada tali (kg)

F = penampang berguna tali (cm^2)

E' = $\frac{3}{8}$ E, modulus elastisitas;

E' = $\frac{3}{8}$ (2.100.000) =

800.000 kg/cm^2

Untuk tali yang paling sering dipakai pada alat pengangkat (kecuali tali pintalan kompon), misalnya tali dengan 114, 222, dan 342 kawat, rumusnya menjadi:

$$F_{(114)} = \frac{S}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}} 50.000}$$

$$F_{(222)} = \frac{S}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}} 36.000}$$

$$F_{(342)} = \frac{S}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}} 29.000}$$

Tali hanya boleh diperiksa satu kali terhadap pengecekan tegangan tarik sesuai dengan rumus:

$$S = \frac{P}{K}$$

di mana; S = tarikan maksimum yang diinginkan tali (kg)
P = kekuatan putus tali sebenarnya (kg)
K = faktor keamanan dari tabel 3.5.

Tarikan kerja maksimum pada bagian tali dari sistem puli beban S_w dihitung dengan persamaan:

$$S_w = \frac{Q}{n.\eta.\eta_1}$$

di mana; Q = berat muatan yang diangkat (kg)
n = jumlah muatan puli yang menyangga muatan
η = efisiensi puli (tabel 3.4)
= efisiensi akibat kerugian menggulung (sebesar 0.98)

Diameter drum atau puli minimum yang diizinkan didapat dari persamaan:

$$D \geq e_1.e_2.d$$

di mana; D = diameter drum atau puli (mm)
d = diameter tali (mm)
e_1 = faktor alat pengikat dan kondisi operasi (tabel 3.6)
e_2 = faktor konstruksi tali (tabel 3.7)

Tabel 3.4

Efisiensi puli (Sumber: Rudenko. N, Mesin Pengangkat, Penerbit Erlangga, 1996)

Puli tunggal		Puli ganda		Efisiensi	
Jumlah alur	Jumlah puli yang berputar	Jumlah alur	Jumlah puli yang berputar	Gesekan pada permukaan puli (faktor resistensi satu puli	Gesekan pada permukaan puli (faktor resistensi satu puli
2	1	4	2	0.951	0.971
3	2	6	4	0.906	0.945
4	3	8	6	0.861	0.918
5	4	10	8	0.823	0.892
6	5	12	10	0.784	0.873

Tabel 3.5

Harga minimum faktor K dan e_1 yang diizinkan

(Sumber: Rudenko. N, Mesin Pengangkat, Penerbit Erlangga, 1996)

No.	Type alat pengangkat	Digerakkan oleh	Kondisi pengoperasian	Faktor K	Faktor e_1
1	Lokomotif, *caterpilar-mounted*, traktor dan truk yang mempunyai *crane* pilar (termasuk *excavator* yang dioperasikan sebagai *crane* dan pengangkat mekanik pada daerah konstruksi dan pekerjaan berkala)	Digerakkan oleh Tangan Daya Daya	Ringan Ringan Medium Berat dan sangat berat	4 5 5.5 6	16 16 18 20
2	Semua tipe lain dari *crane* dan pengangkat mekanis	Daya Tangan Daya Daya	Ringan Ringan Medium berat Dan sangat berat	4.5 5 5.5 6	18 20 25 30
3	Derek yang dioperasikan dengan tangan dengan kapasitas beban terangkat di atas 1 ton yang digandeng pada berbagai peralatan otomotif (mobil, truk, dan sebagainya)	–		4	12
4	Pengangkat dengan troli	–		5.5	20
5	Penjepit mekanis (kecuali untuk puli pada gambar) untuk pengangkat mekanis pada No. 1			5	20
6	Ikatan untuk pengangkat mekanik pada No. 1			5	10

Tabel 3.6

Harga faktor e_2 yang tergantung pada konstruksi tali
(Sumber: Rudenko. N, Mesin Pengangkat, Penerbit Erlangga, 1996)

Konstruksi tali	Faktor e_2
Biasanya 6 x 19 = 114 + 1 poros	
Posisi berpotongan	1.00
Posisi sejajar	0.90
Compound 6 x 19 = 114 + 1 poros	
a. Warrington	
Posisi berpotongan	0.90
Posisi sejajar	0.85
b. Seale	
Posisi berpotongan	0.95
Posisi sejajar	0.85
Biasanya 6 x 37 = 222 + 1 poros	
Posisi berpotongan	1.00
Posisi sejajar	0.90

Penentuan daya tahan tali kawat baja dilakukan dengan metode *Profesor Zhitkov*. Untuk mendapatkan daya tahan tali maka harus dicari dahulu jumlah lengkungan tali dari persamaan berikut,

$$A = \frac{D}{d} = m\sigma C C_1 C_2 + 8$$

di mana;

$\frac{D_{min}}{d}$: perbandingan diameter drum/puli dengan diameter tali

m : faktor yang bergantung pada jumlah lengkungan berulang dari tali z selama periode keausan sampai tali rusak (tabel 3.7)

σ : tegangan tarik sebenarnya pada tali (kg/mm^2)

C : faktor yang memberi karakteristik konstruksi tali dan kekuatan tarik maksimum bahan kawat (tabel 3.8)

C_1 : faktor yang bergantung pada tali (tabel 3.9)

C_2 : faktor yang menentukan faktor produksi dan operasi tambahan yang tidak diperhitungkan oleh faktor C dan C_1

Tabel 3.7 Harga faktor m

(Sumber: Rudenko. N, Mesin Pengangkat, Penerbit Erlangga, 1996)

z dalam ribuan M	30 0.26	50 0.41	70 0.56	90 0.70	110 0.83	130 0.95	150 1.07	
z dalam ribuan M	170 1.18	190 1.29	210 1.40	255 1.50	255 1.63	280 1.74	310 1.87	340 2.00
z dalam ribuan M	370 2.12	340 2.27	450 242	500 2.60	550 2.70	600 2.94	650 3.10	700 3.17

Tabel 3.8 Harga faktor C

(Sumber: Rudenko. N, Mesin Pengangkat, Penerbit Erlangga, 1996)

σb kg/mm²	Kontruksi Tali									
	6 x7 = 42 dan satu poros		Biasa		Warrington		Scale		6 x 7 = 222 dam satu poros	
	Posisi berpotongan	Posisi sejajar	Posisi berpotongan	Posisi sejajar	Posisi berpotongan	Posisi sejajar	Posisi berpotongan	Posisi sejajar	Posisi berpotongan	Posisi sejajar
130	1.31	1.13	1.08	0.91	0.69	0.61	0.81	0.69	1.12	0.99
160	1.22	1.04	1.00	0.83	0.63	0.54	0.75	0.62	1.06	0.93
180	1.16	0.98	0.95	0.78	0.59	0.50	0.70	0.57	1.02	0.89

Tabel 3.9 Harga faktor C_1

(Sumber: Rudenko. N, Mesin Pengangkat, Penerbit Erlangga, 1996)

Diameter tali	<5	5.5–8	8.5–10	11–14	15–17.5	18–19	19.5–24	25–28	30–34.5	37–43.5
C^1	0.83	0.85	0.89	0.93	0.97	1.00	1.04	1.09	1.16	1.24

Tabel 3.10 Harga faktor C_2

(Sumber: Rudenko. N, Mesin Pengangkat, Penerbit Erlangga, 1996)

Bahan serabut tali	C_2
Baja karbon: 0.55% C; 0.57% Mn; 0.25% Si; 0.09% Ni; 0.08% Cr; 0.02% S dan 0.02% P	1.00
Baja karbon: 0.70% C; 0.61% Mn; 0.09% Si; 0.021% S dan 0.028% P	0.90
Baja pearlitic: 0.40% C; 0.52% Mn; 0.25% Si; 0.20% Ni; 1.10% Cr; 0.025% S dan 0.025% P	1.37
Baja stainles: 0.09% C; 0.35% Si; 8.70% Ni; 17.4% Cr; 0.02% S dan 0.02% P	0.67
Baja open-hearth biasa	1.00
Baja open-hearth yang dilebur dengan arang besi dan dibersihkan dengan sekrup	0.63
Serat yang terbuat dari batang logam seluruhnya	1.00
Serat yang terbuat dari batang logam sebagian	0.92

Setelah jumlah lengkungan diperoleh, selanjutnya umur tali (dalam bulan) ditentukan dengan persamaan berikut:

$$T_1 = a z_1 N \beta$$

di mana N : umur tali (bulan)
a : jumlah siklus kerja rata-rata per bulan
z^2 : jumlah lengkungan berulang per siklus kerja
β : faktor perubahan daya tahan tali akibat mengangkat muatan lebih rendah dari tinggi total dan lebih ringan dari muatan penuh

Tabel 3.11 Harga a, z^2 dan β
(Sumber: Rudenko. N, Mesin Pengangkat, Penerbit Erlangga, 1996)

Kondisi Pengoperasion Mesin Pengangkat		Operasi harian, Jam	Hari kerja per bulan	Jumlah siklus kerja per hari	a	Metode suspensi beban			Tanggal	β
Digerakkan tangan		0	25	16	400	Suspensi sederhana		2	-	0.70
Digerakkan daya	Peralatan ringan	0	25	40	1.000	Suspensi dengan satu puli bebas		4	2	0.50
	Peralatan medium	16	25	1.36	3.400	Beberapa puli dengan rasio	2x2	3	2	0.40
							2x2	5	3	0.30
	Peralatan berat dan sangat berat	24	30	3.20	9.600		2x4	7	4	0.25
							2x5	9	5	0.20

Rangkuman

1. Cara kerja *Crane* adalah dengan mengangkat material yang akan dipindahkan, memindahkan secara horizontal, kemudian menurunkan material di tempat yang diinginkan.
2. Tipe *crane* yang umum dipakai adalah: crane beroda *crawler* (*crawler* crane), *truck crane*, truck crane untuk lokasi terbatas, Truck crane untuk segala jenis lokasi, dan tower crane.
3. *Tower crane* merupakan alat yang digunakan untuk mengangkat material secara vertical dan horizontal ke suatu tempat yang tinggi pada ruang gerak yang terbatas.
4. Tipe *tower crane* terdiri dari: *crane* yang berdiri bebas (*free standing crane*), *crane* diatas rel (*rail mounted crane*), *crane* yang ditambatkan pada bangunan (*ted-in tower crane*), dan *crane* panjat (*climbing crane*).

5. Pemilihan *tower crane* sebagai alat untuk memindahkan material didasarkan pada kondisi lapangan yang tidak luas, ketinggian yang tidak terjangkau oleh alat lain, dan tidak dibutuhkannya pergerakan alat.

Pertanyaan

1. Jelaskan fungsi dari *crane* pada proyek konstruksi.
2. Jelaskan keuntungan dan kerugian dari *crawler crane* dan *truck crane*.
3. Jelaskan fungsi bagian-bagian dari *tower crane*.
4. Jelaskan pemakaian dari *free standing crane* dan *climbing crane*.
5. Sebutkan komponen-komponen pendukung crane dalam mengangkat beban.
6. Suatu *tower crane* dilengkapi dengan tali baja sebagai pengangkatnya. *Crane* tersebut memiliki kapasitas Q = 5000 kg, tinggi angkat H = 8 m, dengan pelayanan tugas sedang, berat kait 150 kg, jumlah bagian tali z = 4. Tentukan ukuran tali yang tepat dan tentukan juga umurnya (gunakan tabel dan asumsi yang ada).

Kasus

1. Tentukan jenis *four line crane* yang dapat digunakan untuk mengangkat beban seberat 18750 lb pada jangkauan 110 ft. Diperkirakan berat sling adalah 750 lb.

Diketahui	: Berat beban	=	18.750 lb
	Berat sling (wire ropes)	=	750 lb
	Total	=	19.500 lb
	Faktor keamanan	x	1,05
	Kapasitas yang diperlukan	=	20.475 lb

2. Tentukan ukuran *minimum crane* dan panjang *boom minimum* yang diperlukan untuk mengangkat beban seberat 80.000 lb dari truk pada permukaan tanah ke suatu tempat 76 ft di atas permukaan tanah. Jarak vertikal dari bagian bawah beban ke *boom* adalah 42 ft. Jarak horizontal minimum dari pusat rotasi adalah 40 ft.

4

LOADER DAN ALAT PENGANGKUT

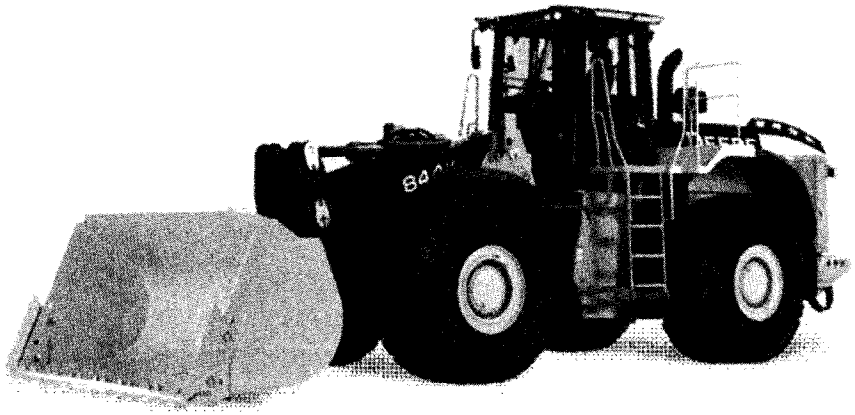
Daftar Kompetensi Dasar

a. Loader
b. Alat pengangkut

Loader adalah alat yang umum dipakai dalam proyek konstruksi untuk pekerjaan material hasil penggalian ke dalam truk atau membuat timbunan material. Pada bagian depan loader terdapat *bucket* sehingga alat ini umumnya disebut *front-end loader*. Dalam suatu proyek konstruksi, truk dan alat pengangkutan lainnya mempunyai fungsi untuk mengangkut material dari sumbernya atau dari suatu galian ke suatu tempat pengurugan. Alat pengangkutan ini di dalam pengoperasiannya memerlukan alat lain yang membantu untuk memuat material, dalam hal ini dapat digunakan *loader* atau alat gali.

A. Loader

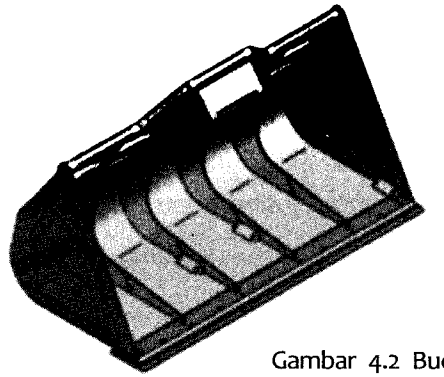
Alat penggerak *loader* dapat diklasifikasikan sebagai roda *crawler* atau ban. *Loader* beroda *crawler* (*crawler-tractor-mounted*) mempunyai roda yang mirip dengan dozer hanya dipasang lebih maju ke depan untuk menstabilkan alat pada saat mengangkut material. Loader beroda ban (*wheel-tractor-mounted*) terdiri atas *4-wheel drive* dan *rear-wheel drive*. *Rear-wheel drive* biasanya dipakai untuk menggali dan *4-wheel drive* cocok untuk membawa *bucket* bermuatan penuh.



Gambar 4.1 *Wheel loader mounted* (Sumber: http://www.deere.com/wps/dcom/en_US/ products/equipment/wheel_loaders/844k/844k.page)

Loader yang beroda ban ataupun beroda *crawler* dapat dipakai untuk mengangkat material. Namun, bagian bawah material harus mempunyai ketinggian setinggi permukaan tempat alat tersebut berada. Pengangkatan yang lebih dalam memerlukan *ramp*. Selain itu, material yang diangkat haruslah material yang lepas. Karena di bagian bawah *loader* tidak terdapat alat pemutar maka pada saat pembongkaran muatannya, *loader* harus melakukan banyak gerakan.

Bucket yang dipasangkan pada *loader* dapat berupa *general purpose bucket, rock bucket, side dump bucket,* dan *multipurpose bucket*. Ukuran *bucket* berkisar antara 0,15 m^3 sampai 15 m^3. Ukuran yang paling sering digunakan adalah 6 m^3.



Gambar 4.2 Bucket

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam penentuan produktivitas *loader* adalah sebagai berikut:

- Kondisi material
- Tipe *bucket* dan kapasitasnya
- Area untuk pergerakan *loader*
- Waktu siklus *loader*
- Waktu efisiensi *loader*

Karena beberapa material menyebabkan alat tidak dapat mengangkut material secara maksimal maka dibuat tabel untuk menentukan faktor pemuatan *bucket*.

Tabel 4.1

Faktor pemuatan material

Material	Faktor
Material seragam atau campuran	0,95 – 1,00
Batu kerikil	0,85 – 0,90
Batuan hasil peledakan (baik)	0,80 – 0,95
Batuan hasil peledakan (rata-rata)	0,75 – 0,90
Batuan hasil peledakan (buruk)	0,60 – 0,75
Batuan berlumpur	1,00 – 1,20
Tanah basah	1,00 – 1,10
Material berbeton	0,85 – 0,95

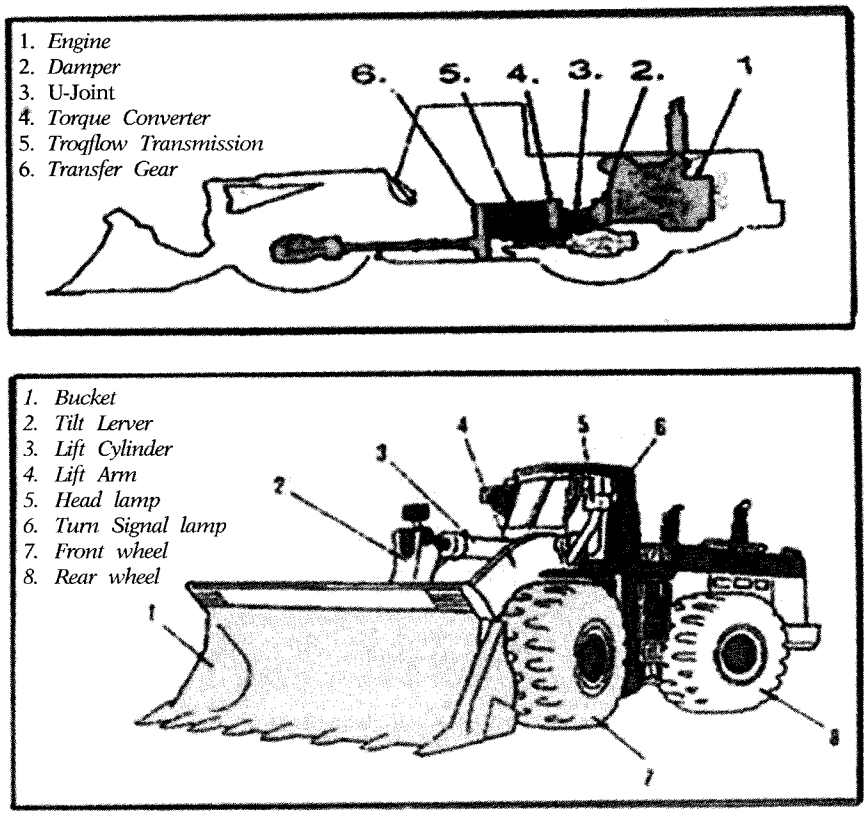
(sumber: *Construction Planning, Equipment, and Methods*, 1996)

Prinsip kerja *loader* secara umum adalah:

a. Sebagai alat bantu untuk memuat dari *stockpile* ke kendaraan angkut atau alat-alat lainnya.

b. Untuk pekerjaan awal yang yang umum:

- *Cleaning* ringan
- Menggusur bongkaran
- Menggusur tonggak kayu kecil
- Menggali fondasi *basement*, dan lain sebagainya



Gambar 4.3 Bagian-bagian *loader*

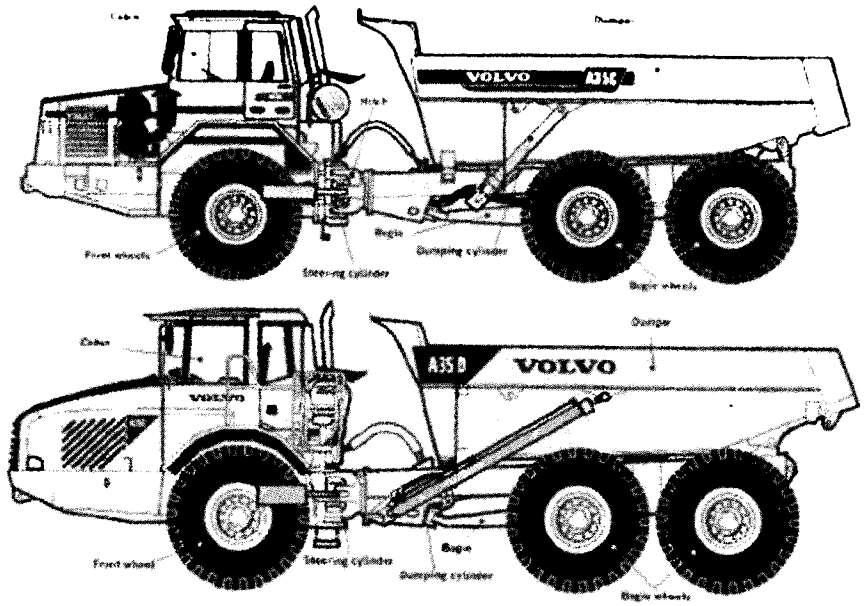
Macam-macam *loader* terdiri dari dua macam, yaitu: *crawler loader mounted* atau *loader* yang mempunyai roda yang mirip dengan dozer hanya dipasang lebih maju ke depan untuk menstabilkan alat pada saat mengangkut material; dan *Wheel loader mounted* atau loader yang terdiri atas *4-wheel-drive* dan *rear-wheel drive*. *Rear-wheel drive* biasanya dipakai untuk menggali dan *4-wheel drive* cocok untuk membawa *bucket* bermuatan penuh.

Gambar 4.4 *Crawler loader mounted* (Sumber: http://www.catmodels.com/products/55194-%252d-CAT-963D-Track-Loader.html)

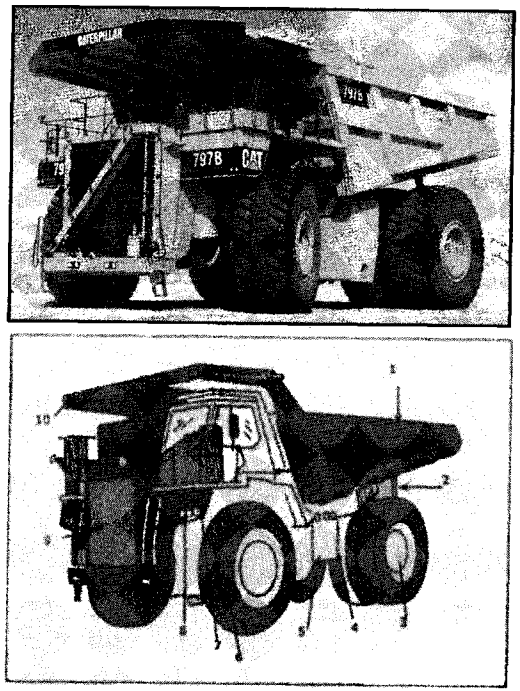
B. Alat Pengangkut

Fungsi dari alat pengangkut adalah untuk mengangkut material seperti tanah, pasir, batuan untuk proyek konstruksi. Pemilihan jenis pengangkutan bergantung pada kondisi lapangan, volume material, waktu, dan biaya.

Kapasitas bak penampung truk dan *tractor-wagon* terdiri dari *struck capacity* (kapasitas peres) dan *heaped capacity* (kapasitas munjung). *Struck capacity* adalah kapasitas alat yang muatannya mencapai ketinggian dari bak penampung. Jenis material yang lepas dengan daya lekat rendah seperti pasir dan kerikil umumnya tidak bisa menggunung jadi pengangkutannya dalam kapasitas peres. *Heaped capacity* adalah kondisi muatan mencapai ketinggian lebih dari ketinggian bak. Karena tanah liat mempunyai daya lekat antarbutir yang cukup besar maka kapasitas pengangkutan tanah liat dapat mencapai kapasitas munjung.



Gambar 4.5 Articulated dump truck
(Sumber: Volvo articulated haulers – PT. Inta)



Gambar 4.6 Dump truck (Sumber: Caterpillar dump truck)

Keterangan gambar:

1. *Dump Body*
2. *Rock Ejector*
3. *Final Drive*
4. *Oil retarder Tank*
5. *Steering & Hois tank*
6. *Front Wheel*
7. *Turn Signal lamp*
8. *Head lamp*
9. *Radiator*
10. *Canopy Spill Guard*

Besarnya kapasitas truk bergantung pada waktu yang dibutuhkan untuk memuat material ke dalam truck terhadap waktu angkut truk. Pada umumnya besarnya kapasitas truk yang dipilih adalah empat sampai lima kali kapasitas alat gali yang memasukkan material ke dalam truk. Akan tetapi penggunaan truk yang terlalu besar sangat tidak ekonomis, kecuali jika volume tanah yang akan diangkut sangat besar.

Rangkuman

1. *Loader* adalah alat yang umum dipakai dalam proyek konstruksi untuk pekerjaan material hasil penggalian ke dalam truk atau membuat timbunan material.
2. *Loader* beroda *crawler* (*crawler-tractor-mounted*) mempunyai roda yang mirip dengan *dozer* hanya dipasang lebih maju ke depan untuk menstabilkan alat pada saat mengangkut material.
3. *Loader* beroda ban (*wheel-tractor-mounted*) terdiri atas *4-wheel drive* dan *rear-wheel drive*.
4. *Bucket* yang dipasangkan pada *loader* dapat berupa *general purpose bucket, rock bucket, side dump bucket,* dan *multipurpose bucket*
5. Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam penentuan produktivitas *loader* adalah kondisi material, tipe *bucket* dan

kapasitasnya, area untuk pergerakan *loader*, waktu siklus *loader*, dan waktu efisiensi *loader*.

6. Fungsi dari alat pengangkutan adalah untuk mengangkut material seperti tanah, pasir, batuan untuk proyek konstruksi.

Pertanyaan

1. Jelaskan fungsi pemakaian *loader*.
2. Bagaimana pengaruh gaya traksi *loader* yang beroda *crawler* dan *loader* beroda ban? Jelaskan.
3. Apa fungsi *bucket*? Bagaimana ukurannya?
4. Jelaskan hal-hal yang memengaruhi produktivitas *loader*.
5. Apakah fungsi *articulated hauler*?

Kasus

Suatu proyek dilaksanakan pada tempat yang sebagian besar bersalju, jika Anda sebagai perencana proyek tipe apa yang dipakai dalam hal penanganan material agar proyek berjalan lancar? Gunakan analisis ilmiah untuk menyelesaikan kasus ini.

5

ALAT GALI (EXCAVATOR)

Daftar Kompetensi Dasar

a. Alat penggali hidraulis
b. *Dragline*
c. *Clamshell*

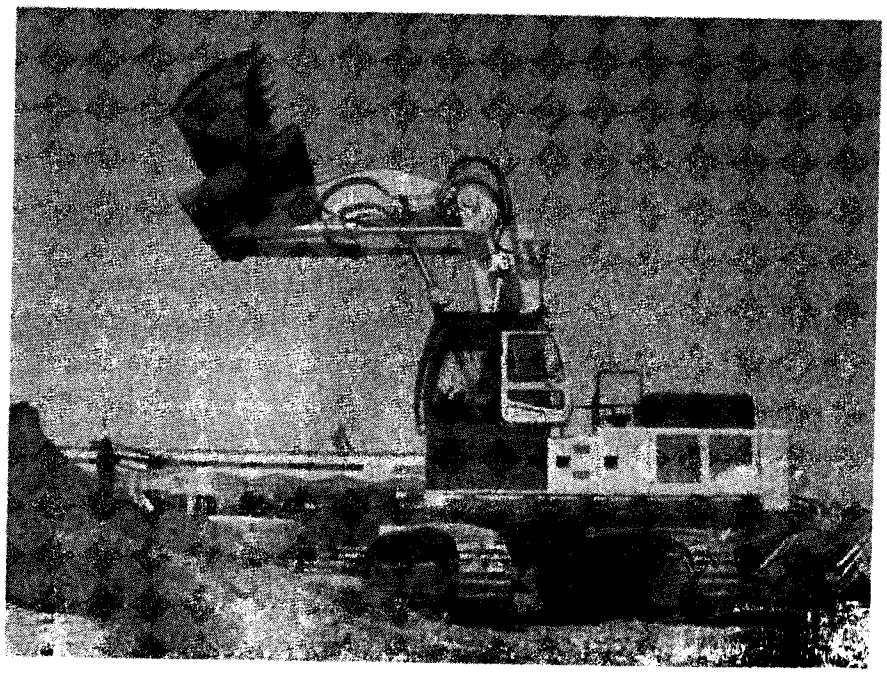
Yang termasuk di dalam alat gali adalah *backhoe*, *power shovel* atau juga dikenal sebagai *front shovel*, *dragline*, dan *clamshell*. *Backhoe* dan power shovel juga disebut alat penggali hidraulis karena *bucket* digerakkan secara hidraulis. Alat-alat penggali ini mempunyai as di antara alat penggeraknya dan badan mesin sehingga alat berat tersebut dapat melakukan gerakan memutar walaupun tidak ada gerakan pada alat penggerak.

Pemilihan alat bergantung dari kemampuan alat tersebut pada suatu kondisi lapangan tertentu. Perbedaan setiap alat gali adalah pada benda yang dipasang di bagian depan, tetapi semua alat tersebut mempunyai kesamaan pada alat penggerak, yaitu roda ban atau *crawler*. Alat beroda *crawler* umumnya dipilih jika alat tersebut akan digunakan pada permukaan kasar atau

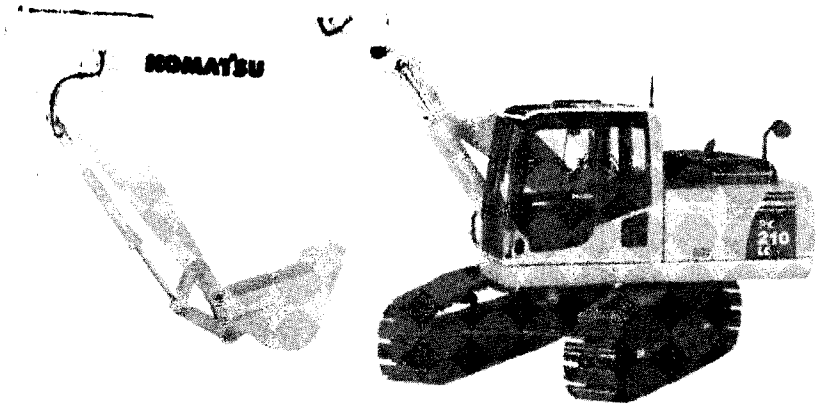
kurang padat. Selain itu juga karena alat tersebut di dalam pengoperasiannya tidak perlu melakukan banyak gerak.

A. Alat Penggali Hidraulis

Front shovel dan *backhoe* yang termasuk dalam alat penggali hidraulis memiliki *bucket* yang dipasangkan di depannya. Yang dimaksud dengan alat penggali hidraulis adalah alat yang bekerja karena adanya tekanan hidraulis pada mesin di dalam pengoperasiannya. Alat penggeraknya adalah adalah traktor dengan roda ban atau *crawler*. *Backhoe* bekerja dengan cara menggerakkkan *bucket* ke arah bawah dan kemudian menariknya menuju badan alat. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa *backhoe* menggali material yang berada di bawah permukaan tempat alat tersebut berada, sedangkan *front shovel* menggali material di permukaan tempat alat tersebut berada.



Gambar 5.1 Front shovel
(Sumber: http://www.hyundai-ce.com/ENGLISH/WEB/WEB0061.aspx?idx=630)



Gambar 5.2 Backhoe excavator
(Sumber: http://motorart.nu/komatsupc210lc8backhoeexcavator-p-4413.html?language=en)

Tabel 5.1

Faktor koreksi (BFF) untuk alat gali

Material	BFF (%)
Tanah dan tanah organik	80 - 110
Pasir dan kerikil	90 - 100
Lampung keras	65 - 95
Lampung Basah	50 - 90
Batuan dengan peledakan buruk	40 - 70
Batuan dengan peledakan baik	70 - 90

(Sumber: *Construction Method and Management*, 1998)

Jenis material pada *backhoe* dan *front shovel* memengaruhi produktivitas. Rumus yang dipakai untuk menghitung produktivitas backhoe

$$Produktivitas = V \times \frac{60}{CT} \times S \times BFF \times efisiensi$$

Produktivitas dihitung dalam m^3/jam, CT adalah waktu siklus (tabel 5.2), S adalah faktor koreksi untuk kedalaman dan sudut putar (tabel 5.3) dan BFF didapat dari tabel 5.1.

Tabel 5.2

Waktu siklus *backhoe* beroda *crawler* (menit)

Jenis Material	Ukuran alat		
	< 0,76 m^3	0,94 - 1,72m^3	> 1,72 m^3
Kerikil, pasir, tanah organis	0,24	0,30	0,40
Tanah, lempung lunak	0,30	0,375	0,50
Batuan, lempung keras	0,375	0,462	0,60

Tabel 5.3

Faktor koreksi untuk kedalaman dan sudut putar

Kedalaman penggalian (% dari maks)	Sudut putar (°)					
	45	60	75	90	120	180
30	0,24	1,26	1,21	1,15	1,08	0,95
50	0,30	1,21	1,16	1,10	1,03	0,91
70	0,375	1,10	1,05	1,00	0,94	0,83
90		1,00	0,95	0,90	0,85	0,75

(Sumber: *Construction Methods and Management*, 1998)

B. Dragline

Dragline merupakan alat gali yang dipakai untuk menggali material yang letaknya lebih tinggi dari permukaan tempat alat tersebut berada dengan jangkauan yang lebih jauh dari alat gali lainnya. Alat dasar dari *dragline* adalah *bucket* yang dipasangkan pada boom. Panjang *boom dragline* sama seperti crane tetapi lebih panjang daripada boom alat gali lain. Dengan boom yang cukup panjang maka stabilitas *dragline* harus diperhitungkan. Pada bagian ujung *bucket* dikaitkan kabel *drag* yang berfungsi untuk menarik *bucket* ke arah *dragline* pada saat penggalian. *Dragline* bekerja dari satu titik di mana alat tersebut ditempatkan. Jenis material yang digali sebaiknya material yang lunak sampai agak keras. Dalam penggalian di dalam proyek pembuatan saluran yang tanahnya mengandung air, pemakaian *dragline* sangat menguntungkan.

Gambar 5.3 *Dragline* (Sumber: http://sennebogen.com/hp5675/SENNEBOGEN-650-HD-with-dragline.htm)

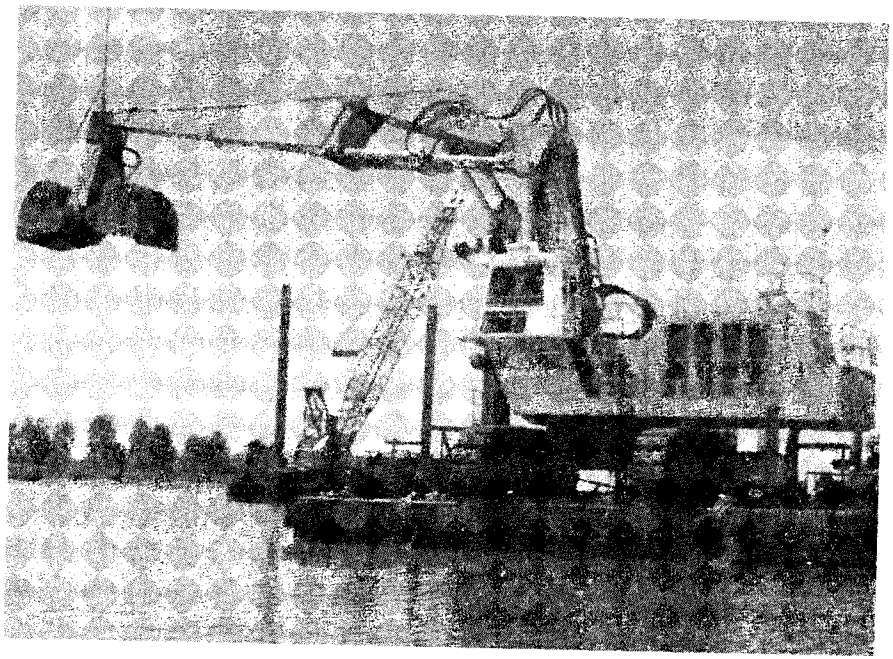
C. Clamshell

Pada umumnya *clamshell* digunakan untuk penggalian tanah lepas seperti pasir, kerikil, batuan pecah, dan lain-lain. *Clamshell* mengangkat material secara vertikal. Ukuran *bucket* pada *clamshell* bervariasi antara ringan sampai berat. Bucket yang ringan umumnya digunakan untuk memindahkan material, sedangkan *bucket* berukuran berat digunakan untuk menggali. Pada *bucket* yang berukuran berat umumnya dipasangkan gigi yang membantu alat dalam menggali material.

Perhitungan produktivitas *clamshell* belum distandardisasikan, maka persamaan produktivitas untuk *clamshell* adalah:

$$Produktivitas = V \times \frac{60}{CT} \times S \times BFF \times efisiensi$$

Pada umumnya waktu siklus clamshell didapat dari hasil perkiraan berdasarkan pengalaman.



Gambar 5.4 *Clamshell*
(Sumber: http://www.dredgebrokers.com/Dredges_Mech/80532-DMCE/dredge.html)

Rangkuman

1. Yang termasuk alat gali terdapat *backhoe, power shovel* atau juga dikenal sebagai *front shovel, dragline,* dan clamshell.
2. Perbedaan setiap alat gali adalah pada benda yang dipasang di bagian depan. Akan tetapi semua alat tersebut mempunyai kesamaan pada alat penggerak yaitu roda ban atau *crawler.*
3. Alat beroda *crawler* umumnya dipilih jika alat tersebut akan digunakan pada permukaan kasar atau kurang padat. Selain itu juga karena alat tersebut di dalam pengoperasiannya tidak perlu melakukan banyak gerak.
4. *Dragline* merupakan alat gali yang dipakai untuk menggali material yang letaknya lebih tinggi dari permukaan tempat alat tersebut berada dengan jangkauan yang lebih jauh dari alat gali lainnya.
5. *Clamshell* mengangkat material secara vertikal dan ukuran *bucket* pada *clamshell* bervariasi antara ringan sampai berat.

Pertanyaan

1. Sebutkan dan jelaskan macam-macam alat gali.
2. Sebutkan perbedaan dan persamaan dari macam-macam alat gali yang sudah Anda jelaskan sebelumnya.
3. Jelaskan fungsi dragline.
4. Jelaskan faktor-faktor yang memengaruhi produktivitas.
5. Bagaimana bentuk bucket clamshell? Gambarkan.

Kasus

Suatu tambang batu bara ditemukan di daerah perbukitan, tambang ini berada cukup dalam di rongga-rongga batuan. Apakah kondisi ini dimungkinkan untuk dilakukan penggalian? Jika mungkin menggunakan apa dan bagaimana caranya? Jelaskan.

6

SISTEM TENAGA PADA ALAT BERAT

Daftar Kompetensi Dasar

a. Tipe-tipe mesin
b. Bagian-bagian mesin
c. Jalur tenaga pada mesin

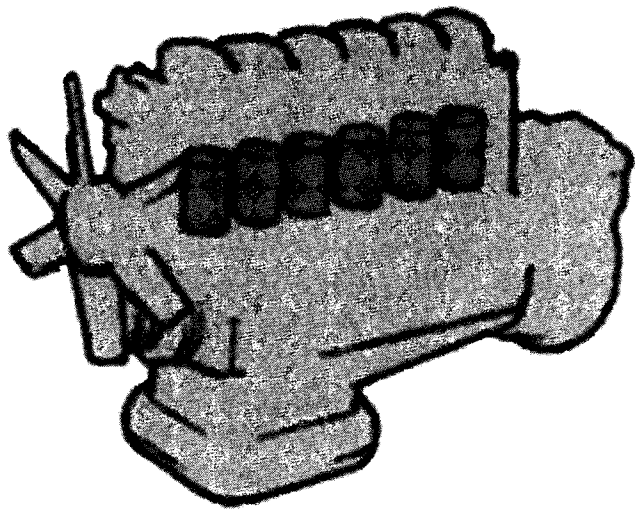
Sistem tenaga pada alat berat menggunakan mesin. Pada mesin diesel, piston-piston bergerak di dalam silinder yang sesumbu. Udara dan bahan bakar masuk ke dalam silinder dan dikompresikan untuk menghasilkan pembakaran. Panas yang dihasilkan oleh kompresi akan menyalakan bahan bakar. Perbandingan kompresi pada mesin diesel jauh lebih besar dibanding mesin bensin. Kecepatan atau rpm pada mesin diesel diatur oleh jumlah bahan bakar yang diinjeksikan. Karena membutuhkan tekanan yang tinggi, dibutuhkan kerapatan yang tinggi pada mesin. Tekanan yang tinggi menghasilkan sejumlah besar ketegangan mekanis pada mesin. Tingkat kompresi yang

tinggi juga berarti pengoptimalisasian bahan bakar yang tinggi. Akibatnya, mesin diesel memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibanding mesin bensin.

A. Tipe-tipe Mesin

1. Mesin In-line

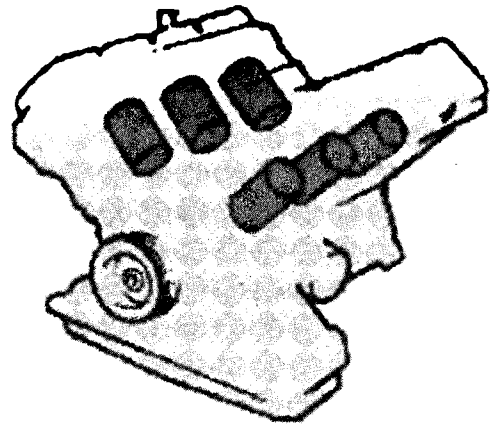
Tipe mesin yang paling umum digunakan adalah mesin inline, di mana masing-masing silinder ditempatkan segaris. Tipe ini disebut juga *straight engine* dan biasanya memiliki 4 hingga 6 silinder.



Gambar 6.1 Mesin in-line (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

2. Mesin V-type

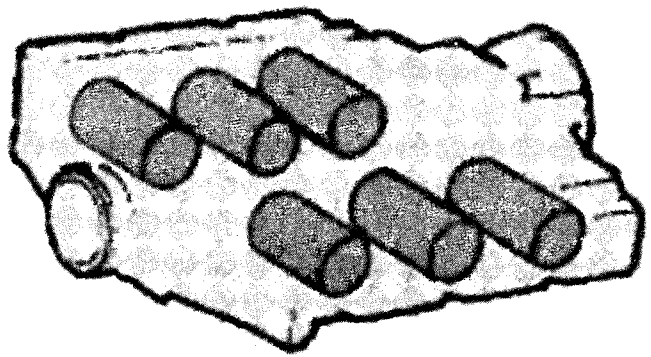
Jika silinder-silinder ditempatkan dalam dua baris yang membentuk sudut satu sama lain, mesin tersebut bertipe V-type engine. Desain ini banyak digunakan pada mesin-mesin besar, dengan enam hingga enam belas silinder.



Gambar 6.2 Mesin V-line (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

3. Mesin horizontally-opposed

Pada mesin *horizontally-opposed*, silinder-silinder disusun dalam dua baris dan ditempatkan secara horizontal berlawanan. Tipe ini hanya membutuhkan ruang yang relatif, lebih rendah. Tipe ini digunakan pada bus dan dipasang di bagian belakang kendaraan.

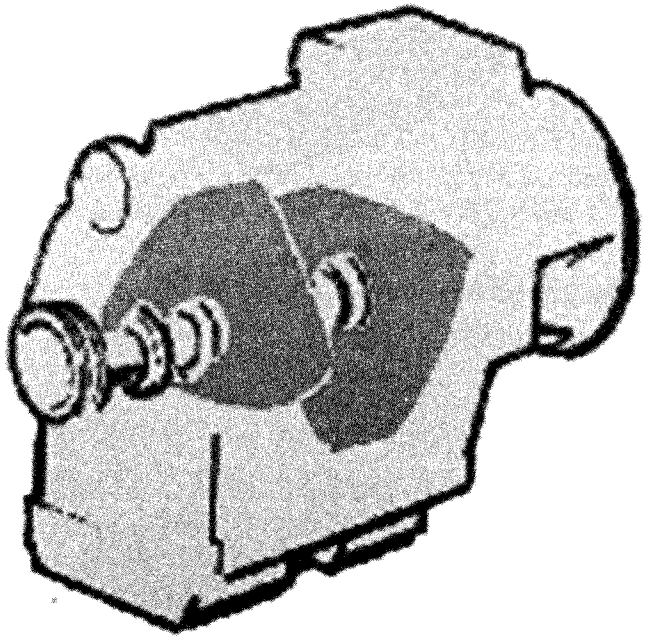


Gambar 6.3 Mesin *horizontally-opposed* (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

4. Mesin Rotary

Tipe ini bukan berupa piston bolak-balik (*reciprocating*) , tetapi memiliki rotor berbentuk segitiga yang berputar di dalam silinder yang berbentuk oval. Keuntungan tipe mesin ini adalah

bobotnya yang relati lebih ringan dan hanya membutuhkan sedikit komponen bergerak dibandingkan mesin model lain. Akan tetapi tipe ini banyak mendapatkan masalah terutama dalam hal keausan dan kemampuan menjaga kerapatan absolute antara piston dan dinding silinder. Akibatnya, mesin ini hanya digunakan pada beberapa model kendaraan.



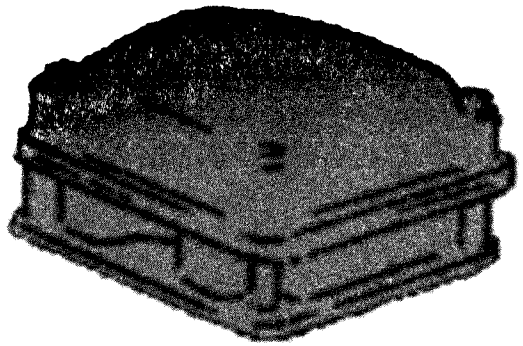
Gambar 6.4 Mesin rotary (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

B. Bagian-Bagian Mesin

Bahasan berikut ini berkenaan dengan bagian-bagian mesin dengan 6-silinder segaris (*in-line*) dan fungsinya.

1. Valve cover (penutup katup)

Valve cover merupakan suatu bidang yang digunakan untuk mencegah masuknya kotoran ke dalam mesin dan mencegah oli pelumas menyembur keluar.



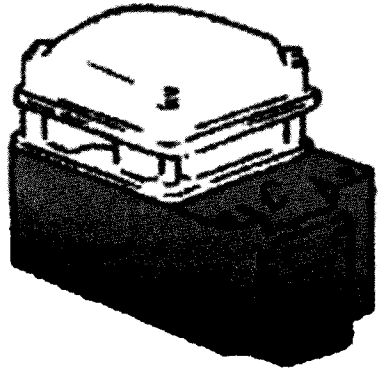
Gambar 6.5 *Valve cover* (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

2. Cylinder head (kepala silinder)

Cylinder head merupakan kepala dari *cylinder block*. Kegunaannya adalah untuk memberikan penyekatan pada bagian atas ruang pembakaran. Selama proses pembakaran normal, dibutuhkan penyekatan yang sangat baik antara cylinder block dan *cylinder head*. Bidang kontak pada *cylinder head* dan *cylinder block* harus benar-benar rata. *Cylinder head* diikat ke *cylinder block* dengan *head bolt* khusus.

Terdapat saluran masuk dan saluran keluar di mana *valve-valve* ditempatkan. Juga disediakan jalur-jalur saluran untuk oli pelumas dan *coolant* (air pendingin).

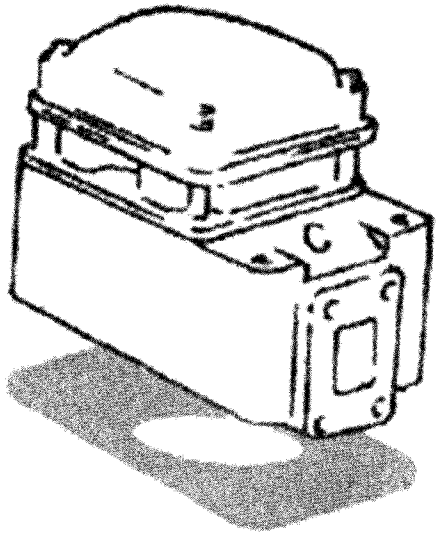
Beberapa desain mesin tertentu memiliki satu *cylinder head* untuk tiap-tiap silinder. Model lain menggunakan satu *cylinder head* untuk semua silinder.



Gambar 6.6 *Cylinder head* (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

3. Cylinder head gasket (gasket kepala silinder)

Bagaimanapun ratanya *cylinder head*, sangat sulit menjaga kerapatan akibat tekanan yang tinggi yang terjadi selama pembakaran. Oleh karena itu dibutuhkan pemasangan *cylinder head gasket* yang terbuat dari baja di antara cylinder head dan silinder.



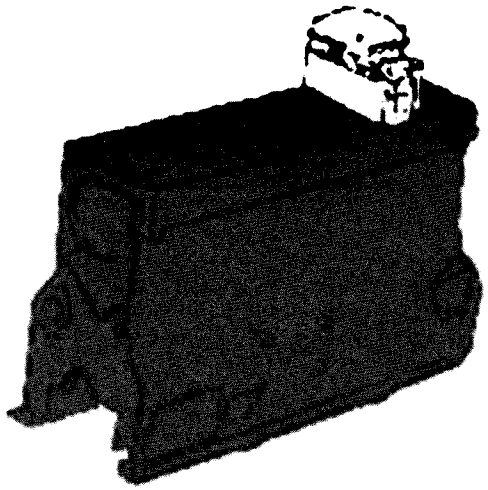
Gambar 6.7 *Cylinder head gasket* (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

4. Cylinder block

Cylinder block merupakan dasar di mana mesin dibangun. Dibuat dari bahan besi tuang paduan (*cast-iron alloy*) dan dibentuk menjadi satu kesatuan untuk menahan ketegangan yang besar.

Di bagian lubang untuk penempatan silinder, terdapat saluran untuk *coolant* dan lubang-lubang bagi oli untuk mencapai komponen mesin yang bergerak.

Gambar berikut ini menunjukkan blok dengan desain *cylinder head individual.*



Gambar 6.8 *Cylinder block* (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

5. Cylinder liner

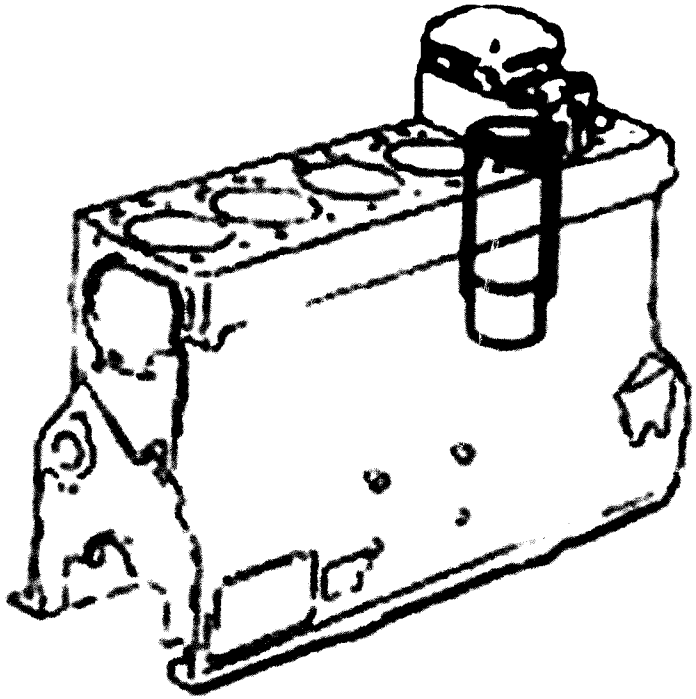
Untuk memperpanjang usia dari *cylinder block* dan untuk memudahkan pekerjaan rekondisi mesin, *cylinder liner* didesain agar dapat diganti. *Cylinder liner* disebut juga *sleeve.*

Agar tidak mengganti *cylinder block* secara keseluruhan, saat pekerjaan rekondisi *engine*, kita hanya perlu mengganti *cylinder* liner yang aus beserta piston dan ringnya.

Gambar 6.9 menggambarkan mesin dengan liner tipe "basah", maksudnya, *liner* tersebut mendapat kontak langsung dengan *coolant.*

Liner tipe basah merupakan jenis yang paling umum digunakan pada mesin diesel untuk tugas berat. *Liner* tipe kering dipasangkan secara langsung pada cylinder block dengan pengepresan, hal ini menurunkan masalah penyekatan di antara *liner, block,* dan *coolant.* Namun, hal ini juga menurunkan efisiensi pendinginan.

Mesin diesel tugas ringan tidak menggunakan *liner* untuk mengurangi biaya pembuatan.



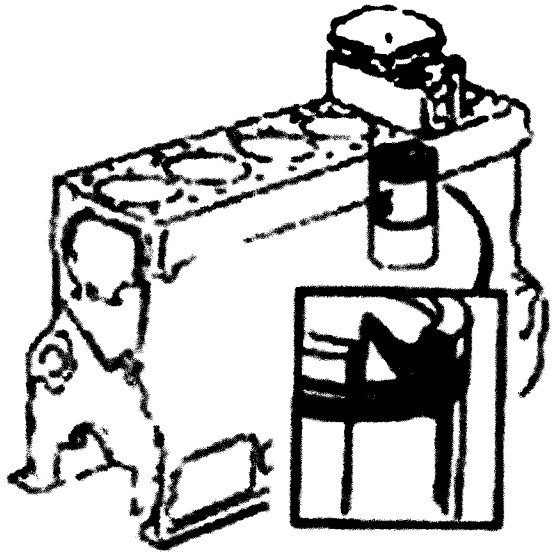
Gambar 6.9 Cylinder liner (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

6. Piston

Piston merupakan sisi bawah ruang bakar yang dapat bergerak. Cerukan dan titik di bagian atas piston didesain untuk menimbulkan pusaran udara dan untuk memudahkan pencampurannya dengan bahan bakar untuk mendapatkan pembakaran yang lebih baik.

Untuk mencegah kebocoran kompresi, piston dilengkapi dengan piston ring. Dua buah ring paling atas (ring kompresi/ *compression ring*) membentuk sekat antara ruang bakar dan ruang engkol (*crankcase*). Piston ring bagian bawah berfungsi mengikis oli yang membasahi dinding silinder, untuk mencegah oli masuk ke dalam ruang bakar dan ikut terbakar.

Piston ring terbuat dari baja khusus dan paduan yang membuatnya mengepres ke dinding silinder.



Gambar 6.10 Piston (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

7. Connecting rod

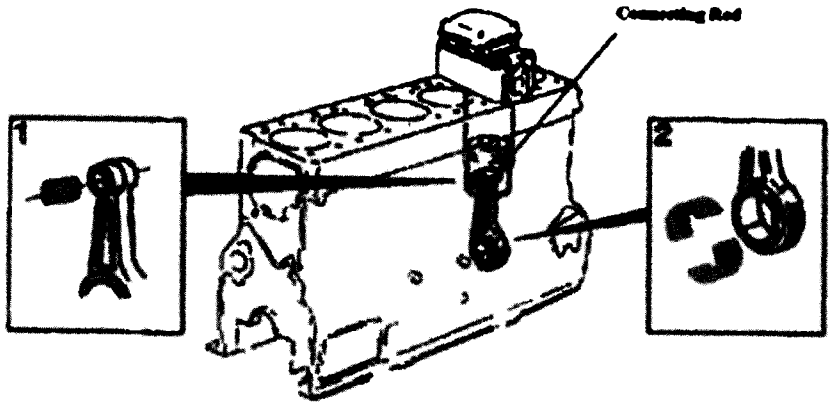
Connecting rod meneruskan tenaga dari piston ke *crankshaft* (poros engkol) dan memungkinkan kedua ujungnya bergerak bebas. Bagian ujung atas dari *connecting rod* dipasangkan pada piston menggunakan *wrist pin* (pen pergelangan). Bagian ujung bawah dipasangkan pada *crankshaft* menggunakan *bearing cap.*

Wrist pin dan rod bearing

Untuk mengurangi gesekan dari journal dan *connecting rod, crankshaft* dan *wrist pin*, dipasangkan *sliding bearing* (bantalan geser) di antara bidang kontak. *Sliding bearing* ini dibaut dari bahan *babbitt*.

Babbit merupakan campuran tembaga dengan timah (atau timah-kuningan), penting untuk menjaga agar permukaan kontaknya selalu mendapatkan pelumasan saat mesin bekerja untuk mencegah keausan. Hal ini dimungkinkan dengan memberikan tekanan pada oli yang masuk ke dalam lubang di dalam *bearing*.

Pada bagian atas dari *connecting rod* terdapat *bushing* (1) *Bearing* di bagian bawah *connecting rod* terdiri dari dua keping (2)

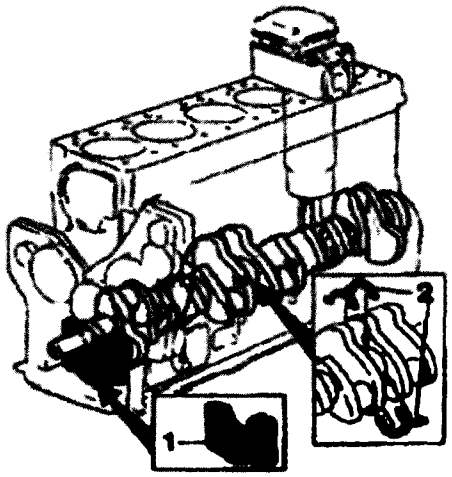


Gambar 6.11 Connecting rod (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

8. Crankshaft

Saat piston mendorong ke arah bawah setelah terjadi pembakaran, *crankshaft* mulai berputar. Dengan cara seperti ini *crankshaft* menggabungkan tenaga dari semua piston. *Crankshaft* dibuat dari besi tempa *(forged steel)* dan memiliki "web" untuk tiap-tiap silinder. Web ini adalah tempat mengikatkan *connecting rod*. Web-web tersebut beserta *counterweight* harus benar-benar seimbang untuk menghindari getaran pada mesin.

Bidang untuk pengikatan antara *crankshaft* dan *cylinder block* disebut *main bearing cap* (1). Makin besar tenaga yang dihasilkan mesin, makin besar ukuran dari *main bearing* yang digunakan. Serupa dengan bagian atas dari *connecting* rod, *sliding bearing* dengan pelumasan oli digunakan untuk mengurangi gesekan. Untuk mencegah *crankshaft* bergerak maju mundur secara aksial, terdapat dua buah *thrust washer* (2) pada setiap sisi *main bearing*.

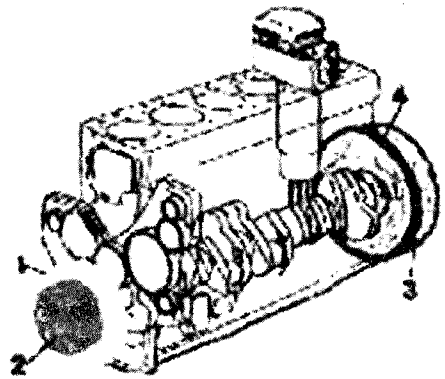


Gambar 6.12 *Crankshaft* (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

9. Vibration damper

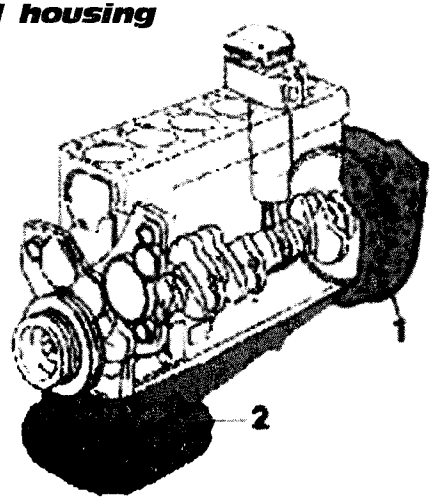
Vibration damper (1) dipasangkan di bagian depan *crankshaft*. Gunanya adalah untuk meniadakan atau menetralkan osilasi (goyangan) yang terjadi pada *crankshaft* saat piston bergerak naik turun. Osilasi atau goyangan membuat *crankshaft* mendapat beban berat, sehingga tanpa damper, *material crankshaft* akan lelah dan patah. *Pulley* (2) berada di bagian depan dari *vibration damper*.

Flywheel (3) terbuat dari besi tuang, terpasang di bagian belakang *crankshaft*. Dengan bobotnya mampu memberikan efek penyeimbangan pada gerakan berputar *crankshaft*. Di sekeliling *flywheel* dipasangkan *ring gear* (4) untuk berkaitan dengan starter motor saat mesin dihidupkan.



Gambar 6.13 *Vibration damper* (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

10. Flywheel housing damper



Gambar 6.14 *Flywheel housing damper* (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Flywheel housing (1) dipasang pada bagian belakang *cylinder* block. Komponen ini membungkus *flywheel* dan *clutch, torque converter* atau sebagai penghubung *transmission housing* ke mesin, atau tempat pemasangan pompa pada *excavator*.

Oil pan (2) adalah bagian bawah dari mesin yang biasanya dibuat dari plat lembaran atau alumunium tuang. **Oil pan** merupakan tempat penamppungan oli pelumas mesin.

11. Timing gear

Untuk mendapatkan operasi kerja mesin yang tepat, dibutuhkan sejumlah sistem seperti pendingin, pelumasan, injeksi bahan bakar, dan lain-lain.

Semua sistem tersebut memperoleh tenaga dari mesin, digunakan sejumlah roda gigi yang dipasangkan di bagian depan *cylinder block*. Sebutan sederhana dari semua roda gigi tersebut adalah *timing gear*. Semua gigi berbentuk *helical* untuk mengurangi keausan dan mengurangi kebisingan kerja. *Timing gear* mendapatkan pelumasan dari sistem pelumasan mesin. Untuk mencegah memerciknya oli, timing gear ditutup dengan cover yang disebut *timing gear cover* (10).

Saat *crankshaft gear* (1) berputar, putaran tersebut diteruskan ke *idler gear* (2) lalu diteruskan ke *camshaft gear* (3).

Camshaft gear melalui *camshaft* menggerakkan mekanisme katup untuk membuka dan menutup *valve-valve*.

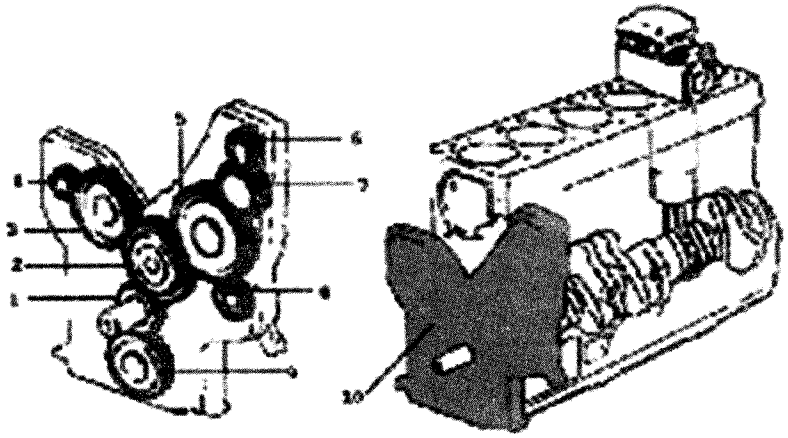
Compressor gear (4) yang digerakkan oleh camshaft gear, berfungsi memutar *air compressor* (kompresor udara). Kompresor udara tersebut kemudian menghasilkan udara bertekanan yang dibutuhkan untuk sistem pneumatik (jika digunakan pada unit).

Injection gear (5) memutar *injection pump*, yang memberikan suplai bahan bakar dengan jumlah yang tepat pada mesin.

Coolant pump gear (6) yang digerakkan oleh *idler gear* (7), menyebabkan *coolant pump* berputar dan memompa *coolant* untuk bersirkulasi. Mesin-mesin tertentu menggunakan *belt* untuk memutar *coolant pump*.

Servo pump gear (8) (tidak digunakan pada alat berat tertentu).

Idler gear (9) menggerakkan *oil pump* untuk memompakan oli ke semua komponen bergerak dari mesin.



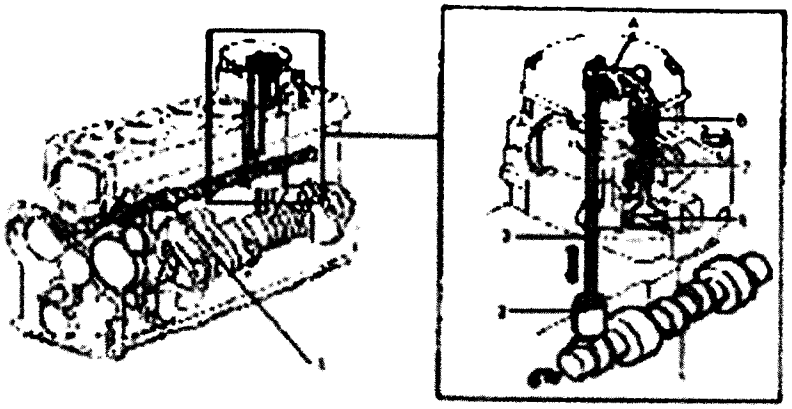
Gambar 6.15 *Timing gear* (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

12. Valve mechanism (mekanisme katup)

Pada umumnya terdapat dua konfigurasi *valve* dan *camshaft* pada mesin diesel, yang terpasang di *cylinder block* (mesin *block mounted*) dan *overhead camshaft* design. Semua unit *Volvo construction* menggunakan model mesin *block mounted*.

Camshaft (1) (block mounted)

Terpasang pada *block* dan berada di atas *crankshaft*. Saat *crankshaft* berputar, putaran diteruskan ke *camshaft*. Pada bidang *camshaft* terdapat sejumlah tonjolan yang eksentris, atau disebut *lobe*. Lobe tersebut telah didesain dengan teliti untuk memastikan *valve* membuka dan menutup pada saat tertentu. *Camshaft* dipasang pada *engine* block mesin pada *friction bearing* yang mendapat pelumasan oli. *Camshaft* disangga pada bagian depan dengan *thrust washer*.



Gambar 6.16 Mekanisme katup (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Valve lifter (pengangkat katup) (2) dan push rod (3)

Valve lifter dan *push rod* meneruskan gerakan lobe camshaft ke *rocker arm* (penumbuk katup). Bagian bawah dari valve lifter dibuat dari bahan yang sangat kuat agar tahan keausan akibat gesekan dengan *camshaft*. Valve lifter tertentu memiliki *roller* untuk lebih mengurangi gesekan dan keausan.

Push rod dibuat kokoh dari bahan logam bulat panjang yang ringan dengan bagian ujungnya dikeraskan. Bagian bawah dari *push rod* dibuat membulat agar terpasang tepat pada *valve lifter*. Di bagian atasnya berceruk, untuk pemasangan bagian yang membulat dari *rocker arm*. Dengan cara seperti ini *rocker arm* tetap pada tempatnya.

Rocker arm (4) dan valve spring (5)

Rocker arm yang terpasang pada *rocker arm shaft* menekan *valve-valve* ke arah bawah saat melakukan gerakan membuka. *Valve spring* dipasangkan di antara rocker arm dan *cylinder head* yang berguna untuk menutup kembali.

Adjust screw (sekrup penyetel) di bagian belakang rocker arm digunakan untuk menyetel celah valve.

Valve (6) dan valve guides (7)

Valve dipasang pada *cylinder head*. Karena merupakan bagian dari ruang bakar, *valve* harus memberikan penyetelan yang baik selama mesin bekerja.

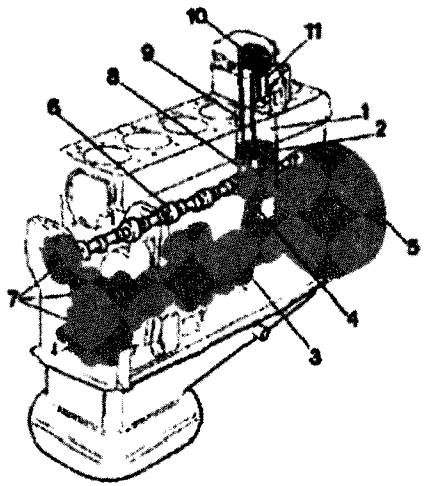
Valve terbuat dari baja paduan khusus untuk dapat beroperasi pada suhu yang tinggi selama pembakaran. Untuk memungkinkan terjadinya gerakan naik-turun yang lancar, *valve* meluncur pada *valve guide*.

C. Jalur Tenaga pada Mesin

Motor starter memutar *flywheel* dan *crankshaft* saat gigi-giginya terhubung. Piston didorong dan ditarik oleh *connecting rod* hingga bergerak naik turun dan menyebabkan terkompresinya udara. Saat piston mendekati posisi tertingginya, bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar oleh *injection pump* melalui *injector*, yang kemudian menyala. Saat pembakaran terjadi di silinder (1), tekanan meningkat dan menekan piston (2) ke bawah kembali.

Gerakan ke arah bawah ini diteruskan ke *crankshaft* (3) melalui *connecting rod* (4). Saat *crankshaft* mulai berputar, *flywheel* (5) akan terbawa berputar bersamanya. Tenaga yang meningkat akibat pembakaran kemudian diteruskan menuju *torque converter, power transmission,* dan menuju *axle* untuk memutar roda-roda. Saat *crankshaft* berputar, *camshaft* (6) akan ikut berputar dengan bantuan *timing gear* (7). Camshaft kemudian menekan *valve lifter* (8) dan *push rod* (9) hingga *rocker arm* (10) membuka *exhaust valve* (katup buang)(11).

Gas buang hasil pembakaran kemudian disalurkan dari silinder melalui *exhaust valve*. Saat piston bergerak turun kembali, katup buang menutup, saat berikutnya mekanisme katup akan membuka *inlet valve* hingga memungkinkan udara segar kembali masuk ke dalam silinder.



Gambar 6.17 Jalur tenaga pada mesin (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Rangkuman

1. Tipe mesin yang umum dipakai adalah; tipe *in-line*, tipe *v-type, horizontally-opposed* dan *rotary*.
2. Bagian-bagian mesin terdiri dari *valve cover, cylinder head, cylinder head gasket, cylinder block, cylinder liner, piston, connecting rod, crankshaft, vibration damper* and *flywheel, flywheel housing* dan *oil pan, timing gear,* dan *valve mechanism.*

Pertanyaan

1. Jelaskan keuntungan dan kerugian mesin tipe *in-line* dan tipe-V.
2. Jelaskan fungsi *silinder block.*
3. Jelaskan fungsi piston dan *connecting rod.*
4. Apakah yang dimaksud dengan *vibration damper?* Jelaskan fungsinya.
5. Apakah yang dimaksud dengan *timing gear?*

Kasus

Mengapa mesin alat berat sering "ngadat" ketika bekerja pada musim hujan dan pada ketinggian tertentu? Jelaskan.

7

SISTEM DRIVETRAIN ALAT BERAT

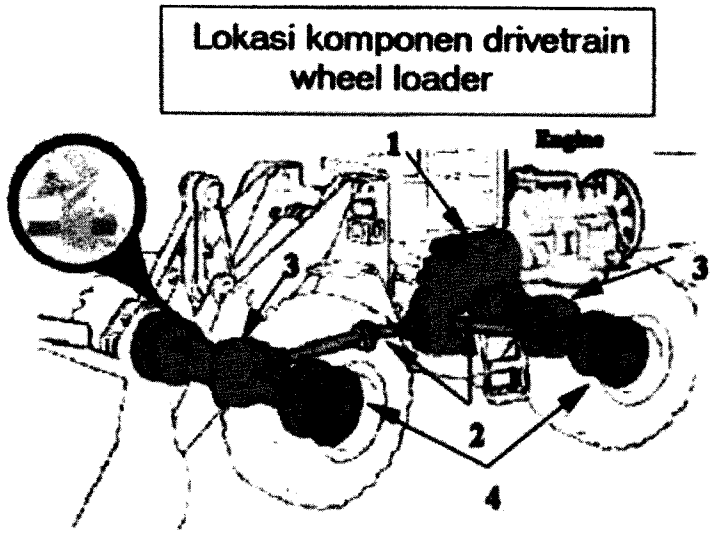
Daftar Kompetensi Dasar

a. Torque converter
b. Transmission
c. Dropbox
d. Propeller shaft
e. Axle dan final drive assembly

Fungsi *drive train* adalah untuk memindahkan mendistribusikan energi dari mesin ke roda penggerak unit alat berat. Komponen utama dari drive train adalah:

- *Torque converter*
- *Transmission*
- *Dropbox*
- *Propeler shaft (driveshaft)*
- *Axle* (termasuk differensial)

C. Pembahasan Materi Ajar



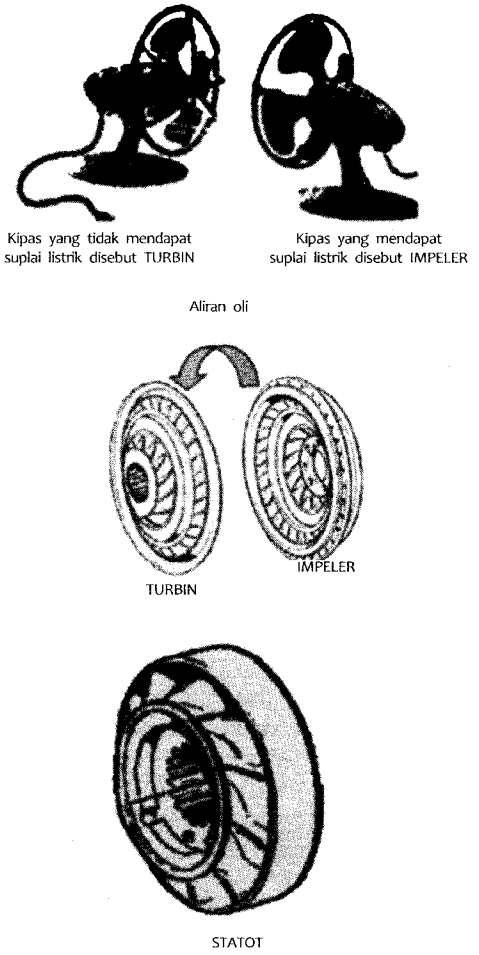
Gambar 7.1 Sistem *drivetrain* pada *loader* (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

A. Torque Converter

Torque converter merupakan suatu alat yang dapat memindahkan gaya dan gerakan dari mesin ke transmisi menggunakan oli hidraulik. Terdapat dua jenis sistem yang digunakan untuk memindahkan energi secara hidraulik, yaitu:

- Hidrostatik
- Hidrodinamik

Yang banyak dipakai pada *wheel loader* dan *articulated hauler* adalah jenis hidrodinamik. Sistem hidrodinamik bekerja berdasarkan prinsip fluida bergerak akibat gaya. Sebagai contoh: dua buah kipas angin yang berhadap-hadapan di mana salah satunya dihubungkan dengan sumber listrik sedangkan yang lainnya tidak. Kipas angin yang mendapat suplai listrik dan dihidupkan akan memutar kipas angin yang diam. Hal ini karena adanya aliran udara, sebagai fluida yang memiliki gaya

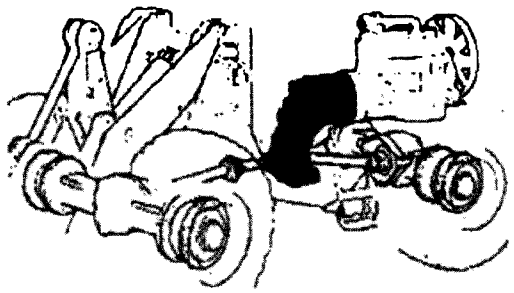


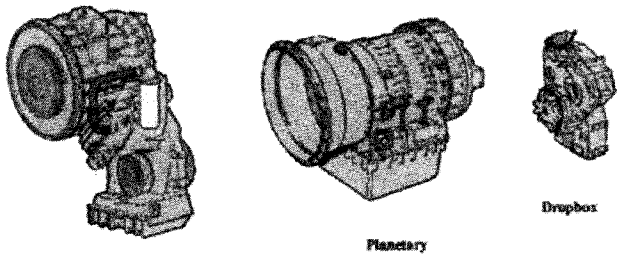
Gambar 7.2 Mekanisme *torque converter* (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

B. Transmission

Transmisi adalah suatu kotak roda gigi yang bekerja secara hidro-mekanis, yang meliputi *clutch* (kopling-kopling), *torque converter*, dan juga dropbox. Terdapat tiga jenis transmisi yang digunakan, yaitu: *countershaft, planetary dan hydrostatic.* Pada pembahasan ini hanya akan dibahas *countershaft* dan *planetary* yang banyak dipakai pada alat berat.

Countershaft menggunakan sejumlah *shaft* dan *gear* untuk menentukan tingkat kecepatan dan arah gerakan unit.



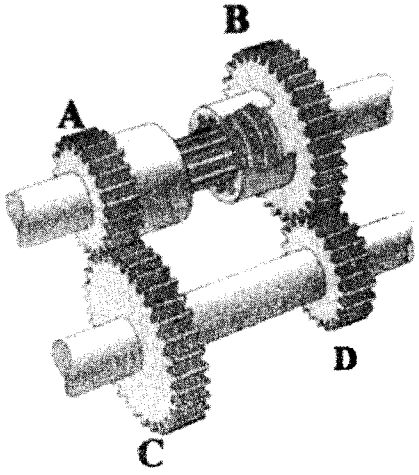


Gambar 7.3 Sistem transmisi loader
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Sementara itu, jenis *planetary* menggunakan *planetary gear* di dalam transmisi untuk menggerakkan *shaft* tunggal.

1. Countershaft transmission

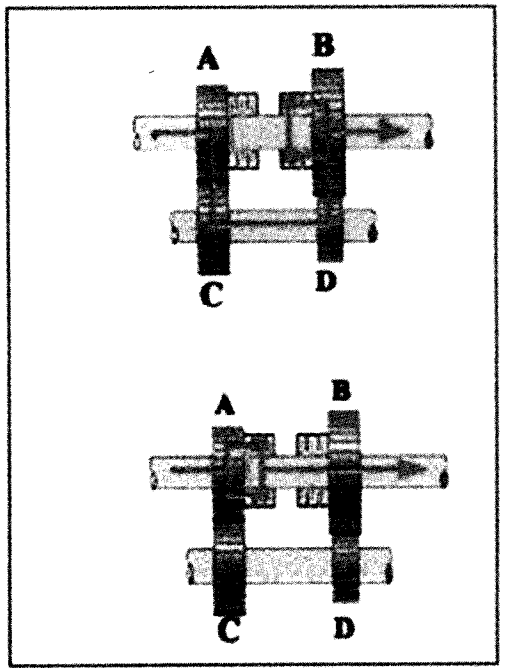
Pada *countershaft transmission*, *gear-gear* selalu dalam keadaan terhubung tetap (*constant mesh*), *Clutch-clutch* saat diaktifkan akan mengunci *gear* pada *shaft* melalui *clutch drum*. Hal ini akan menyebabkan perubahan jalur penerusan tenaga di dalam transmisi.



Gambar 7.4 Countershaft transmission (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Saat *clutch* pada *gear* B diaktifkan, tenaga berpindah dari *gear* A ke *gear* C, ke *gear* D, dan ke gear B, yang akan memutar *output shaft*. *Gear* C dan D terikat tetap pada idler shaft. Karena gear D berukuran lebih kecil daripada *gear*, terjadi reduksi gigi pada *output shaft*. Jika *input gear* memiliki 20 gigi dan *output shaft* memiliki 40 gigi, maka output shaft akan berputar dengan kecepatan setengah dari kecepatan *input shaft*.

Ingatlah saat kecepatan diturunkan, torsi akan meningkat. Saat kecepatan ditingkatkan, torsi akan turun.

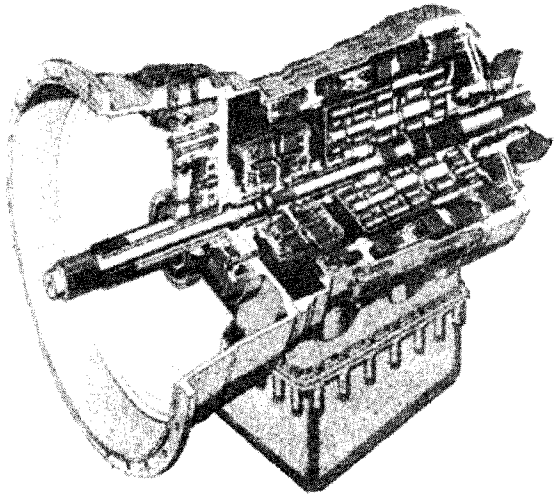


Gambar 7.5 Jalur tenaga *countershaft transmission*
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Saat *clutch* pada *gear* A diaktifkan, *clutch* tersebut akan mengunci *gear* A pada *output shaft* dan *output shaft* akan berputar dengan kecepatan yang sama dengan input shaft. Saat ini tidak terjadi reduksi gigi. *Idler shaft* dengan gear C dan D akan ikut berputar, tetapi tidak meneruskan torsi karena *gear* B tidak terkunci pada *shaft*.

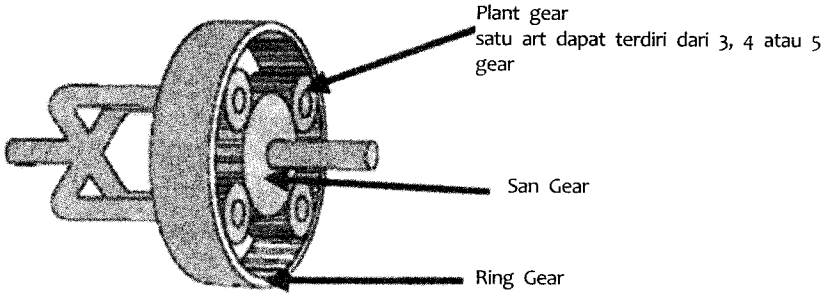
2. Planetary transmission

Pada planetary *transmission*, penyaluran tenaga (*power path*) *gear* terjadi pada garis lurus, sedangkan pada jenis *countershaft transmission*, penyaluran tenaga terjadi pada beberapa garis.



Gambar 7.6 *Planetary transmission*
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Pengubahan *gear* dengan konfigurasi *planetary* bergantung pada komponen dari *planetary* yang terkunci oleh *clutch*. Jika ring gear ditahan oleh *brake* karena *ring gear* dihentikan perputarannya, friction disc dan *steel disc* tidak dapat bergerak saat brake diaktifkan. Pada clutch, *friction disc* dan *steel disc* akan ikut berputar saat *clutch* diaktifkan.

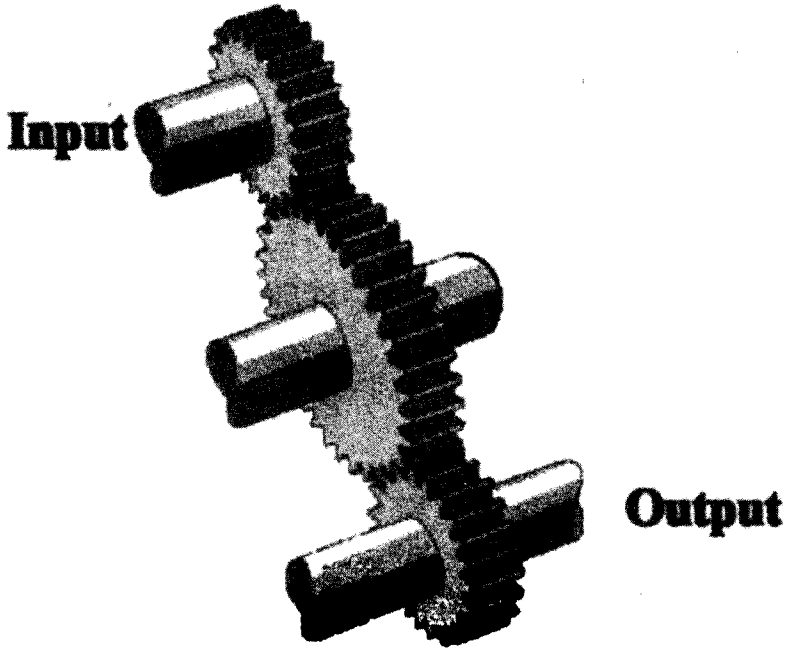


Gambar 7.7 Bagian-bagian *planetary transmission*
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

C. Dropbox

Dropbox merupakan satu set *gear* yang dipasang di dalam transmisi seperti model *countershaft* pada *loader*, atau terpasang terpisah dengan *housing* sendiri seperti pada *articulated hauler*. *Dropbox* dinamakan sedemikian rupa karena ia "menjatuhkan" *output* ke *propeller shat-propeler shaft*. *Dropbox* memiliki reduksi gigi: di mana output dapat lebih lambat kecepatannya dibandingkan input. Torsi akan meningkat saat kecepatannya diturunkan.

Dropbox articulated hauler tertentu memiliki *high range* dan *low range*. Posisi ini dapat dipilih dengan mengisarkan *"dog gear"* dengan bantuan piston udara (*air piston*). Semua *dropbox* dilengkapi dengan *differensial gear* untuk memungkinkan perbedaan kecepatan pada roda-roda depan dengan roda-roda belakang saat membelok. Komponen ini juga memanfaatkan "dog gear" untuk memungkinkan terjadinya "penguncian/*lock up*" saat melalui daerah yang licin. Hal ini disebut *"longitudinal lock"* atau penguncian memanjang.

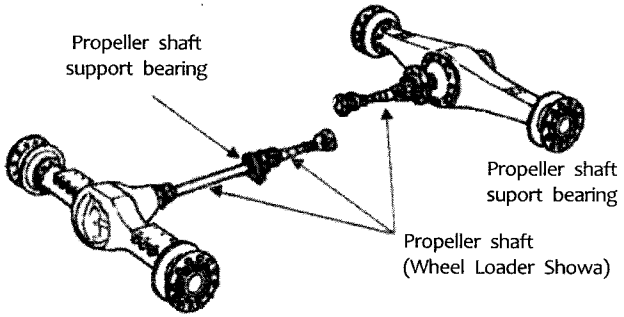


Gambar 7.8 Dropbox gear (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

D. Propeller Shaft

Fungsi *propeller shaft* (*driveshaft*) adalah untuk meneruskan tenaga dari *dropbox* ke *axle-axle*. *Propeler shaft support bearing* (bantalan penyangga *propeler shaft*) digunakan baik pada loader maupun hauler, untuk memungkinkan terjadinya penyaluran tenaga saat artikulasi maksimum.

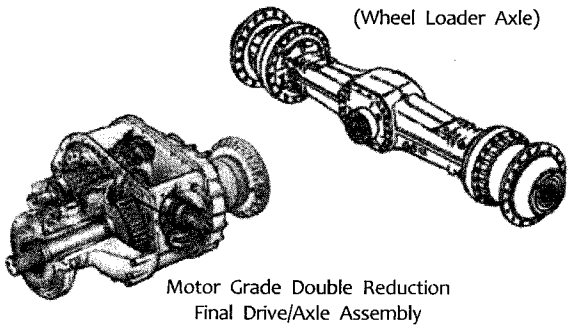
Axle-axle menerima tenaga dari *propeler shaft* untuk memutar roda-roda melalui *axle shaft* dan *planetary set*.



Gambar 7.9 *Propeller shaft* (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

E. Axle & Final Drive Assemblies

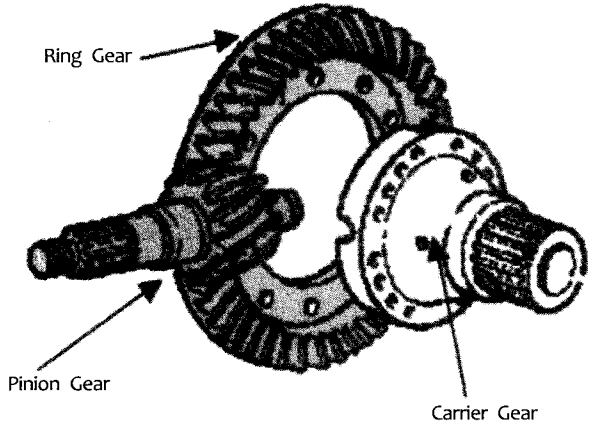
Kelengkapan *axle* memiliki banyak fungsi, tenaga yang diperoleh dari *propeller shaft* disalurkan dalam sudut 90° dengan roda-roda. Hal ini dimungkinkan oleh adanya *ring* dan *pinion gear*. *Ring* dan *pinion gear* juga mereduksi (menurunkan) kecepatan yang diterima dari *propeller shaft* untuk ditingkatkan torsinya pada roda-roda.



Gambar 7.10 *Axle assemblies* (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Perbedaan kecepatan di antara roda-roda saat unit membelok ditangani oleh *differensial gear set*. *Axle assembly* tertentu memiliki *differensial lock* untuk meningkatkan traksi.

Ring dan *pinion gear* bekerja bersama-sama untuk menurunkan kecepatan, meningkatkan torsi, dan meneruskan tenaga dengan sudut 90° menuju roda-roda. *Ring* dan *pinion* selalu merupakan satu paket. Keduanya dibuat bersama-sama dan tidak dianjurkan penggunaan salah satunya saja.



Gambar 7.11 Ring dan pinion
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Rangkuman

1. Fungsi *drivetrain* adalah untuk memindahkan mendistribusikan energi dari mesin ke roda penggerak unit alat berat.
2. Komponen utama *drivetrain* adalah: *torque converter, transmission, dropbox, propeller shaft (driveshaft), axle* (termasuk differensial).

Pertanyaan

1. Jelaskan fungsi *torque converter*.
2. Sebutkan dan jelaskan bagian-bagian dari sistem transmisi.
3. Apakah yang dimaksud dengan *"dog gear"*?

4. Jelaskan perbedaan antara *planetary transmission* dan *countershaft transmission*?
5. Apakah fungsi *propeller shaft*?

Kasus

Bagaimanakah sistem *articulated hauler* dirancang agar memungkinkan terjadinya penguncian saat melalui daerah yang licin?

8

SISTEM HIDRAULIS ALAT BERAT

Daftar Kompetensi Dasar

a. Konsep dasar hidraulis
b. Keuntungan dan kerugian sistem hidraulis
c. Jenis-jenis pipa hidraulis
d. Lambang-lambang dalam siklus hidraulis
e. Komponen-komponen sistem hidraulis
f. Skema sistem hidraulis *wheel loader*
g. Skema sistem hidraulis *articulated hauler*

Hidraulika adalah ilmu yang menyangkut berbagai gerak dan keadaan kesetimbangan zat cair dan pemanfaatannya untuk melakukan suatu pekerjaan.

A. Konsep Dasar Hidraulis

1. Berat adalah gaya

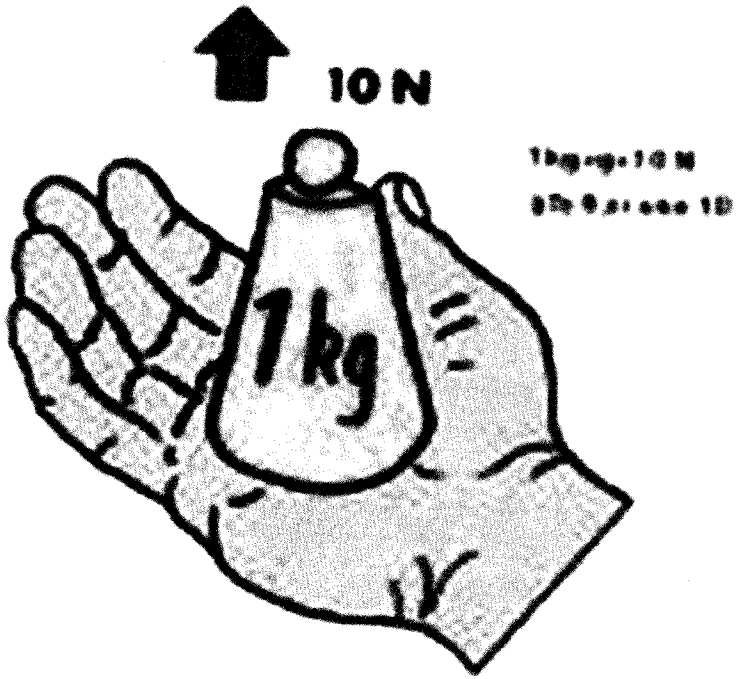
Besarnya gaya yang dihasilkan oleh suatu benda dengan massa 1 kg adalah 10 Newton, yang diperoleh dari:

$$F = m \times g = 1 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ N}$$

di mana: F = gaya yang dihasilkan

M = massa benda

G = percepatan gravitasi bumi (10 m/s^2)



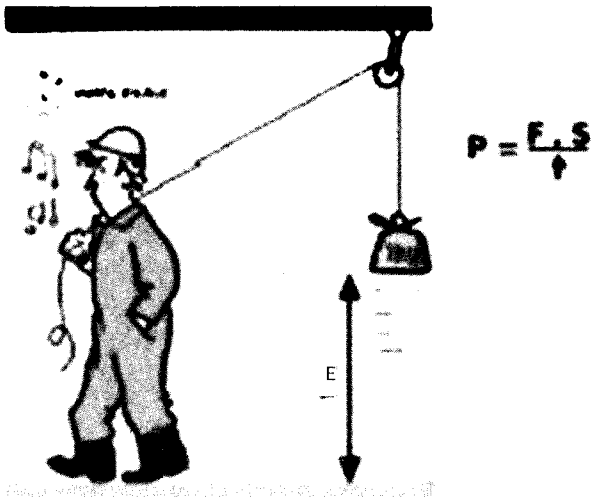
Gambar 8.1 Berat adalah gaya
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

2. Usaha (work)

Usaha adalah besarnya gaya yang dikeluarkan (F=N) untuk memindahkan benda untuk menempuh jarak tertentu (s=m).

Pada gambar 8.2 seseorang menarik tali hingga benda terangkat sejauh 1 m. Jika ia mengeluarkan gaya sebesar 1 N, maka usaha (*work*) yang dilakukan adalah:

$$W = F \times s = 1\ N \times 1\ m = 1\ N.m = Joule$$



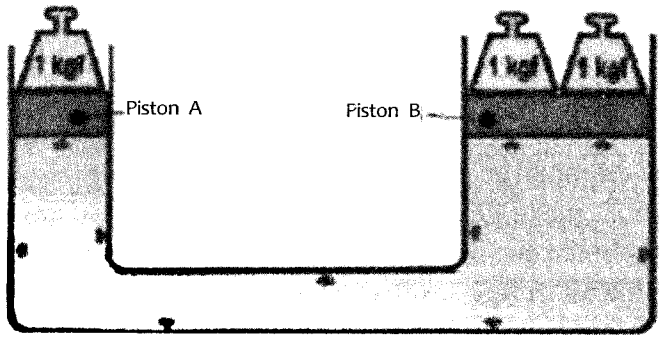
Gambar 8.2 Usaha (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

3. Daya (power)

Daya adalah besarnya usaha yang dilakukan (W=Joule) tiap satu satuan waktu (t=detik). Jika orang tersebut menarik tali selama 1 detik dengan kecepatan konstan, maka ia telah mengeluarkan daya (*power*) sebesar:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1\ Joule}{1\ detik} = 1\ Joule/detik = 1\ Watt$$

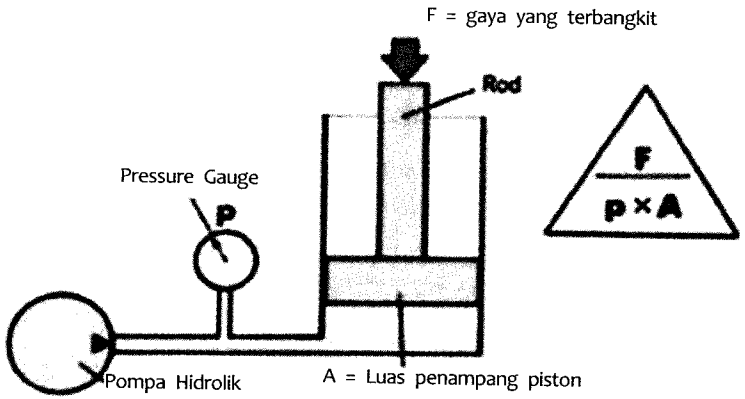
4. Hukum kesetimbangan



Gambar 8.3 Kesetimbangan (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Pada gambar 8.3, sebuah benda dengan bobot 1 kgf diletakkan di atas piston dengan luas penampang A, yaitu 1 cm^2. Dan pada sisi yang lain diletakkan dua buah benda dengan bobot total 2 kgf di atas piston dengan luas penampang B, yaitu 2 cm2, pada sisi sebelah kiri, gaya yang dihasilkan benda piston A menyebabkan timbulnya tekanan (pressure) di dalam oli sebesar 1 kgf/cm^2. Tekanan tersebut akan sama di bagian mana pun di dalam bejana. Tekanan sebesar 1 kgf/cm^2 tersebut kemudian mendorong piston B hingga menghasilkan gaya F = p x A, atau 1 kgf/cm^2 x 2 cm^2 dan didapat 2 kgf/cm^2. Gaya yang dihasilkan itu kemudian akan menahan beban yang bekerja pada piston B yang besarnya 2 kgf hingga setimbang.

5. Besar tekanan yang terbangkit



Gambar 8.4 Tekanan yang terbangkit (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Besarnya tekanan yang terbangkit pada oli bergantung dari besarnya beban yang diterima oleh piston, dan nilai tekanan tersebut ditunjukkan oleh pengukur tekanan (*pressure gauge*). Jika beban nol, maka tekanan yang terbangkitkan akan mendekati nol. Makin besar beban atau gaya yang harus dilawan oleh piston, makin tinggi tekanan oli di dalam sistem.

B. Keuntungan dan Kerugian Sistem Hidraulis

Keuntungan penggunaan sistem hidraulis adalah:

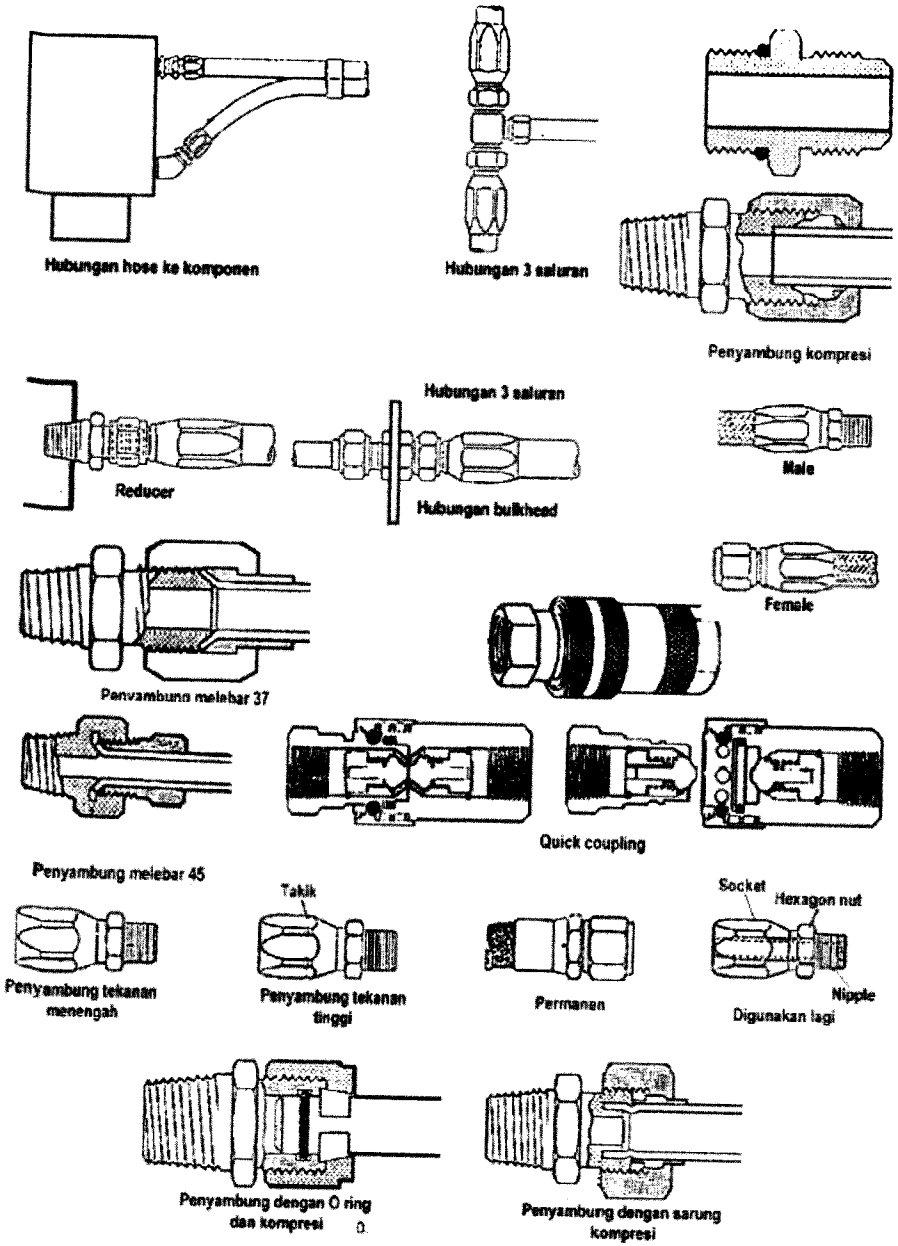
- Memiliki kemampuan untuk memindahkan gaya-gaya yang besar, karena melipatgandakan gaya dengan sangat besar.
- Komponen yang digunakan pada sistem hidraulis relatif sederhana, kompak sehingga hanya menggunakan ruang yang relatif kecil.
- Relatif tidak membutuhkan pemeliharaan.
- Karena tidak menghasilkan energi kinetik yang besar maka sistem hidraulis dapat bereaksi dengan cepat terhadap perubahan arah gerakan.
- Pengaturan sistem hidraulis untuk gerak lurus atau rotasi dapat dilakukan tanpa tahap (*stepless*) walau dalam keadaan berbeban.
- Kemudahan kontrol oleh sirkuit listrik dan elektronika.
- Tidak menghasilkan goncangan atau getaran yang besar sehingga relatif lebih stabil untuk pekerjaan-pekerjaan presisi karena menggunakan fluida yang statis.
- Pemindahan tenaga lebih mudah karena *hose*/pipa dapat dibentuk atau ditekuk dengan bentuk apa pun untuk melintasi jalur-jalur sulit yang tidak mungkin ditempuh oleh sistem mekanis.
- Memiliki pengaman beban berlebih yang responsif yang dapat digunakan berulang.
- Bekerja pada suhu yang relatif rendah dan tidak menimbulkan panas sehingga aman.

Sementara itu, kelemahan sistem hidraulis adalah:

- Oli yang digunakan peka terhadap suhu dan tekanan yang dapat memperpendek usia pakai oli yang bersangkutan.
- Kerugian tenaga lebih besar yang diakibatkan oleh gesekan, diameter pipa yang kecil, tikungan, dan gravitasi.
- Kebocoran yang terjadi dapat mencemarkan produk-produk olahan yang menggunakan sistem hidraulis tersebut.
- Komponen-komponen sistem hidraulis harus dibuat dengan presisi tinggi.

Adapun sifat-sifat sistem hidraulis adalah:

- Oli hidraulis harus mampu melumasi komponen hidraulis di mana ia bekerja.



Gambar 8.6 Jenis-jenis penyambungan
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

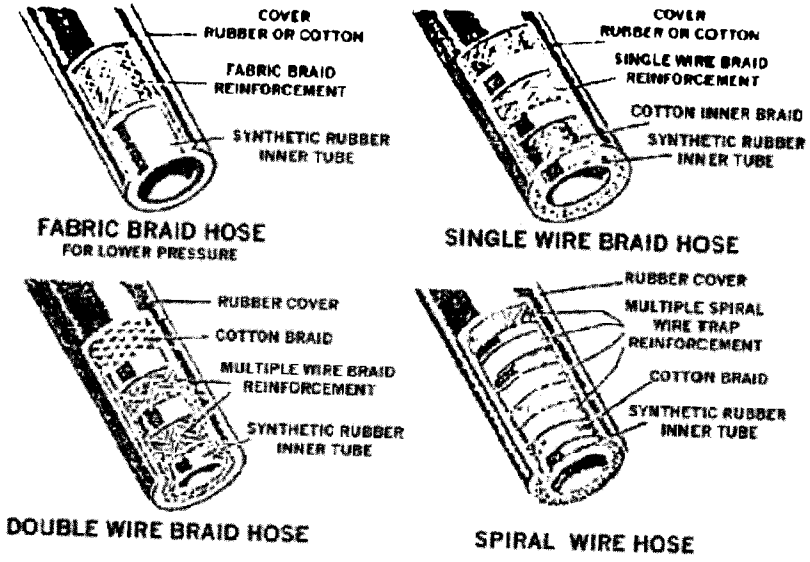
Berikut ini beberapa jenis *hose* yang digunakan:

1. *Fabric Braid Hose*: digunakan untuk mengalirkan fluida yang terbuat dari mineral, bensin, atau bahan bakar lain. Dipasang pada saluran hisap atau saluran pengembalian yang bertekanan rendah.
   Batas suhu: -40°F hingga +250°F.
2. *Single Wire Braid Hose*: digunakan sebagai saluran balik, atau saluran bahan bakar seperti bensin, air, campuran anti-beku dan bahan kimia.
   Batas suhu: -40°F hingga +250°F.
3. *Double Wire Braid Hose*: digunakan sebagai saluran oli hidraulis tekanan tinggi, bensin, bahan bakar minyak, dan saluran air.
   Batas suhu: -40°F hingga +200°F.
4. *Spiral Wire Hose*: digunakan bertekanan sangat tinggi, dan saluran bahan bakar minyak.
   Batas suhu : -40°F hingga +200°F.

Tabel 8.1

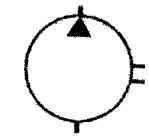
Spesifikasi beberapa jenis *hose*

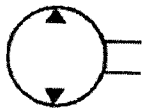
Ukuran *hose* (inci)	*Single wire braid*	*Double wire braid*	*Spiral wire braid*
¼"	3000 psi (200 Bar)	5000 psi (345 Bar)	–
3/6"	2250 psi (150 Bar)	4000 psi (275 Bar)	5000 psi (345 Bar)
½"	2000 psi (140 Bar)	3500 psi (240 Bar)	4000 psi (275 Bar)
5/8"	1750 psi (120Bar)	2750 psi (190 Bar)	3000 psi (200 Bar)
¾"	1500 psi (100 Bar)	2250 psi (150 Bar)	3000 psi (200 Bar)
1"	800 psi (55 Bar)	1875 psi (130 Bar)	3000 psi (200 Bar)
1¼"	600 psi (40 Bar)	1625 psi (112 Bar)	–
1½"	500 psi (35 Bar)	1250 psi (85 Bar)	3000 psi (200 Bar)
2"	350 psi (25 Bar)	1125 psi (77 Bar)	2500 psi (170 Bar)

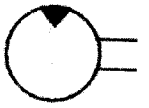


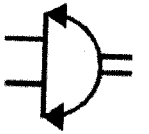
Gambar 8.7 Jenis-jenis hose
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

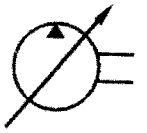
D. Lambang-lambang dalam siklus hidrolik

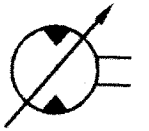

Pompa dengan debit konstan (*fixed displacement*) dengan satu arah aliran

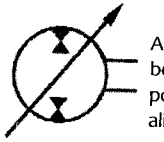

Pompa dengan debit konstan (*fixed displacement*) dan dapat berbalik (*reversible*)


Motor dengan debit aliran konstan dengan satu arah aliran

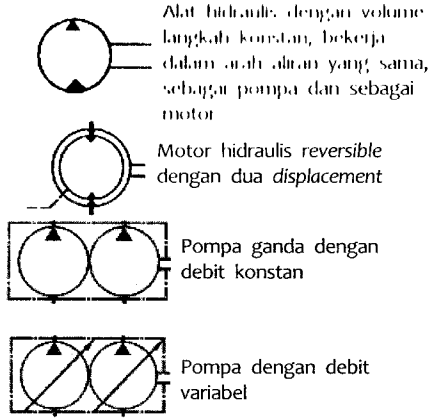

Motor hidraulis dengan sudut atur terbatas/ gerakan terbatas


Pompa dengan debit yang dapat diatur (*variable dispacement*) dengan satu arah aliran

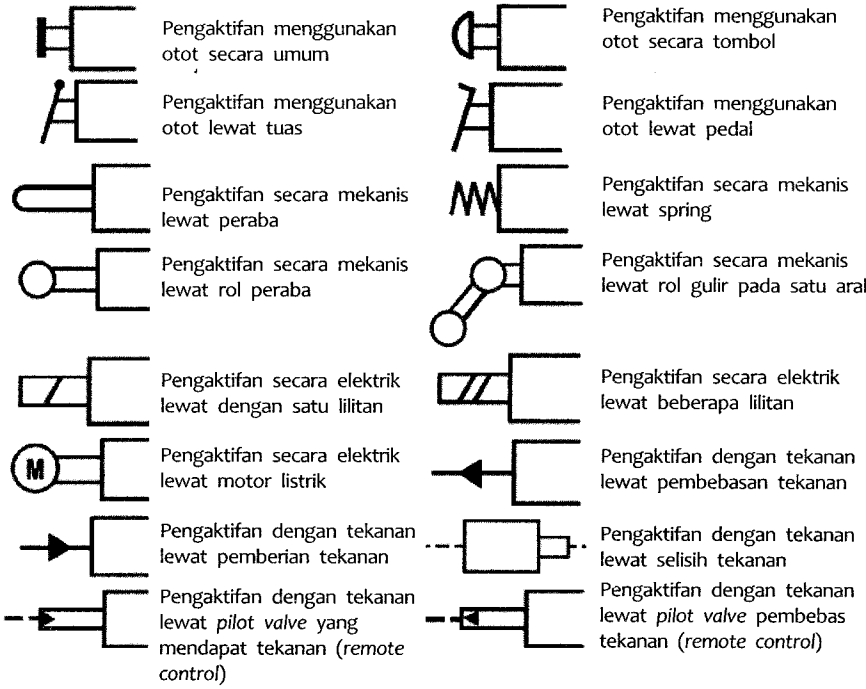

Motor dengan debit aliran yang dapat diatur dan dapat berbalik


Alat hidraulis yang dapat berfungsi sebagai motor dan pompa dapat berbalik debit aliran

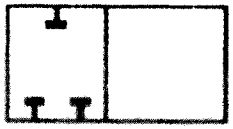
Alat hidraulis dengan volume langkah variabel, bekerja dalam arah aliran yang sama, sebagai pompa dan sebagai motor.



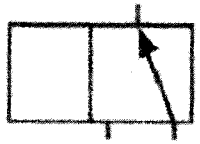
Gambar 8.8 *Rotary Motions*
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)



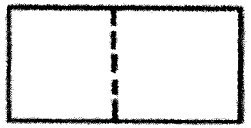
Gambar 8.9 Metode aktuasi
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)



Hubungan yang terputus

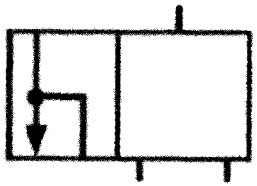


Anak panas menunjukkan arah aliran

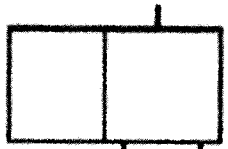


Langkah satu dengan lainnya dihubungkan dengan tidak bertahap

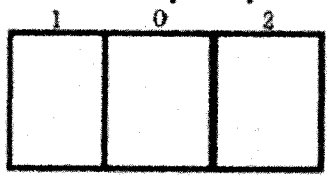
Banyaknya segi empat sama dengan banyaknya kedudukan (langkah), dalam hal ini dua



Sambungan dalam valve ditunjukkan dengan titik

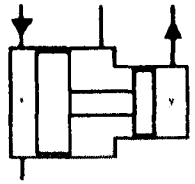


Pipa-pipa pemasukan dan pengemalian menunjukkan kedudukan netral atau posisi keluar.

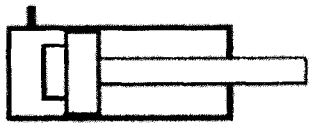


1 dan 2 adalah kedudukan aktif dan 0 adalah kedudukan netral

Gambar 8.10 Simbol posisi katup
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

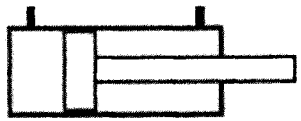


Pengubah tekanan, tekanan di y menjadi lebih kecil dibanding di x

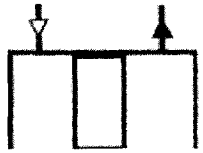


Silinder kerja ganda dengan penahan (buffer) yang tidak dapat distel.

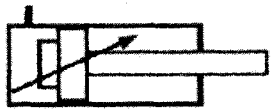
Silinder kerja ganda dengan batang piston (piston rod) pada kedua sisi.



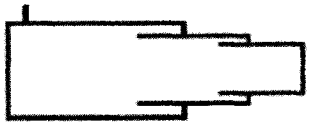
Silinder kerja ganda dengan batang piston (piston rod) pada satu sisi.



Pengubah medium tekan (udara dan oli)

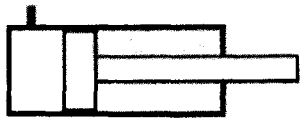


Silinder kerja ganda dengan penahan (buffer) yang dapa distel pada kedua sisi.



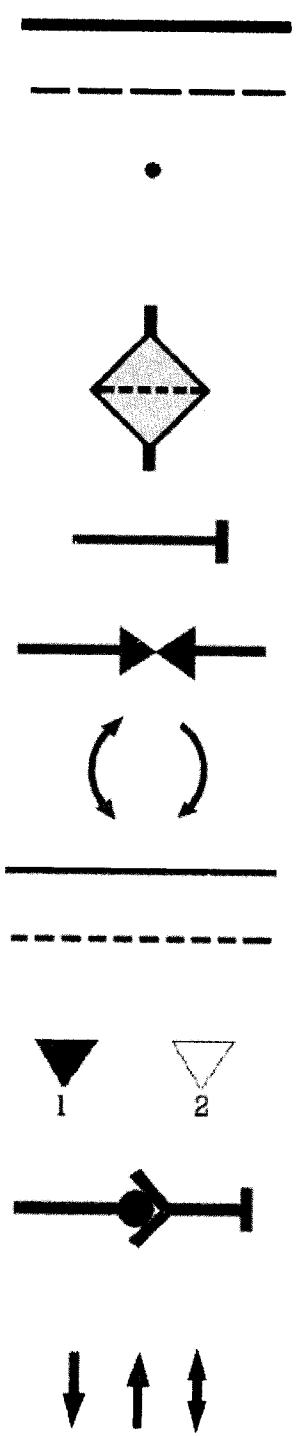
Silinder teleskop kerja tunggal dengan piston yang dapat digeser. panjang totalnya adalah jumlah panjang dari semua sillinder

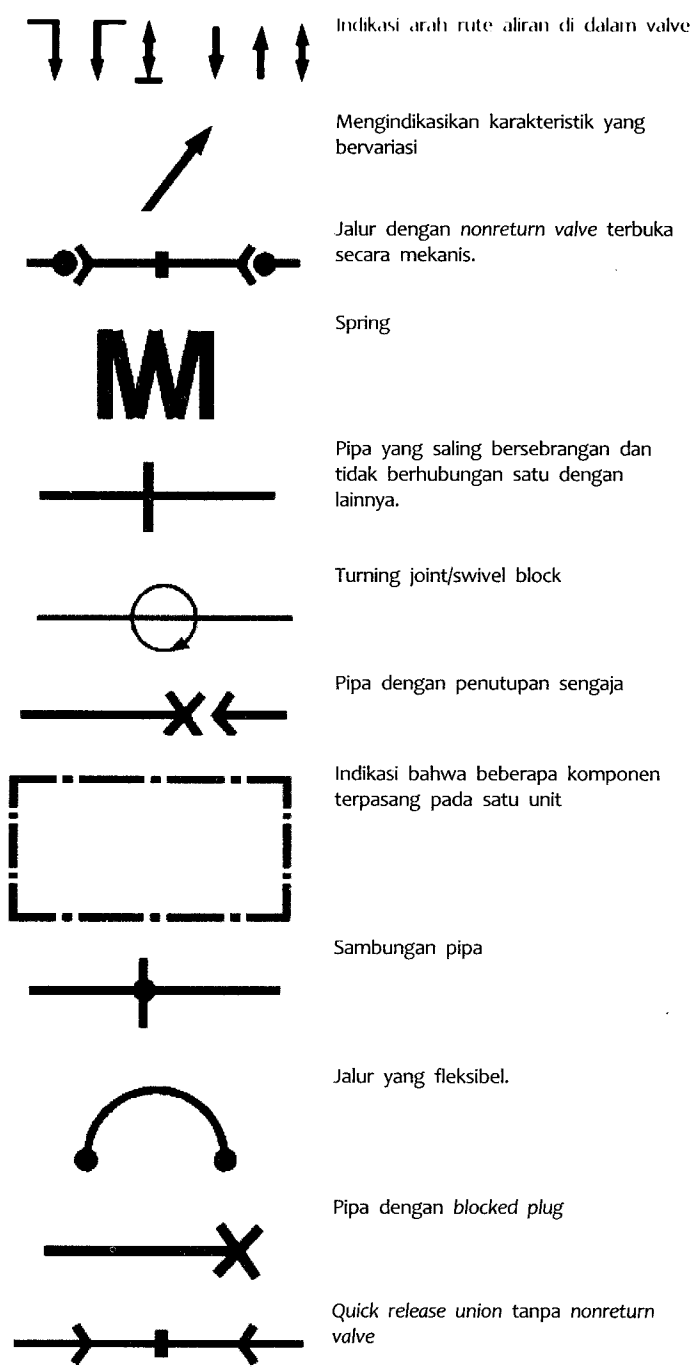
Silinder kerja tunggal, kembali oleh pegas (spring).



Silinder kerja tunggal dengan batang piston pada satu sisi.

Gambar 8.11 Linier aktuator
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)



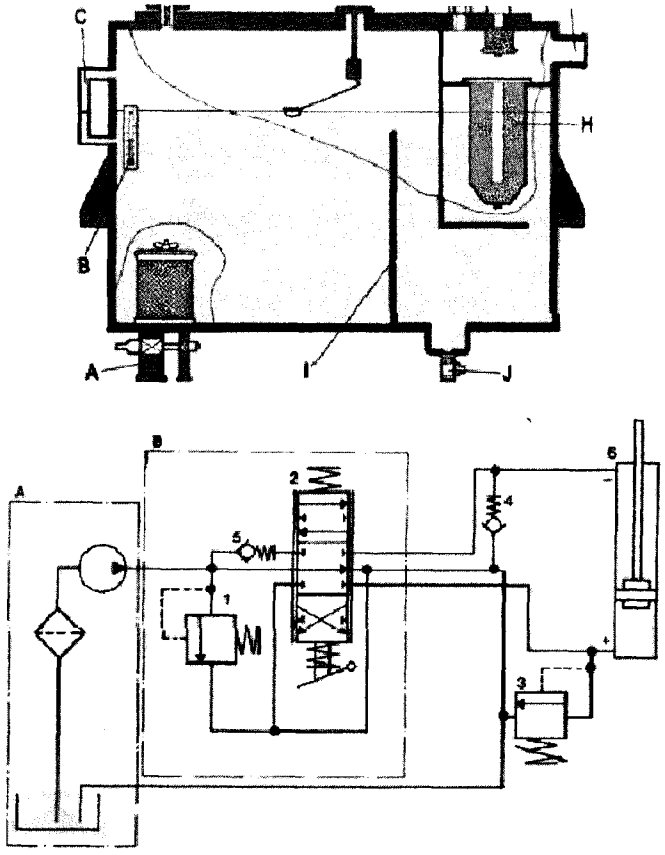


Gambar 8.12 Lambang-lambang siklus hidraulis
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

E. Komponen-Komponen Sistem Hidraulis

1. Tangki Hidraulis

Tangki hidraulis dapat dilengkapi dengan saluran pengeluaran (*outlet port*) (A) yang berhubungan dengan inlet pompa, pengukur suhu (B), *sight glass* (C) untuk menunjukkan jumlah *oli actual*, *breather* (D), *oil level sender* (E), *oil pressure sendel* (F), lubang pemasukan (*inlet port*) (G) yang berhubungan dengan *return line*, filter (H) di sisi pengembalian, *tank separator* (I) untuk menjaga agar level oli tetap stabil saat tangki miring (akibat unit berada pada posisi miring), dan *srain plug* (J) untuk menguras oli di dalam tangki saat dilakukan penggantian oli atau pembuangan air/kotoran dari dalam tangki.

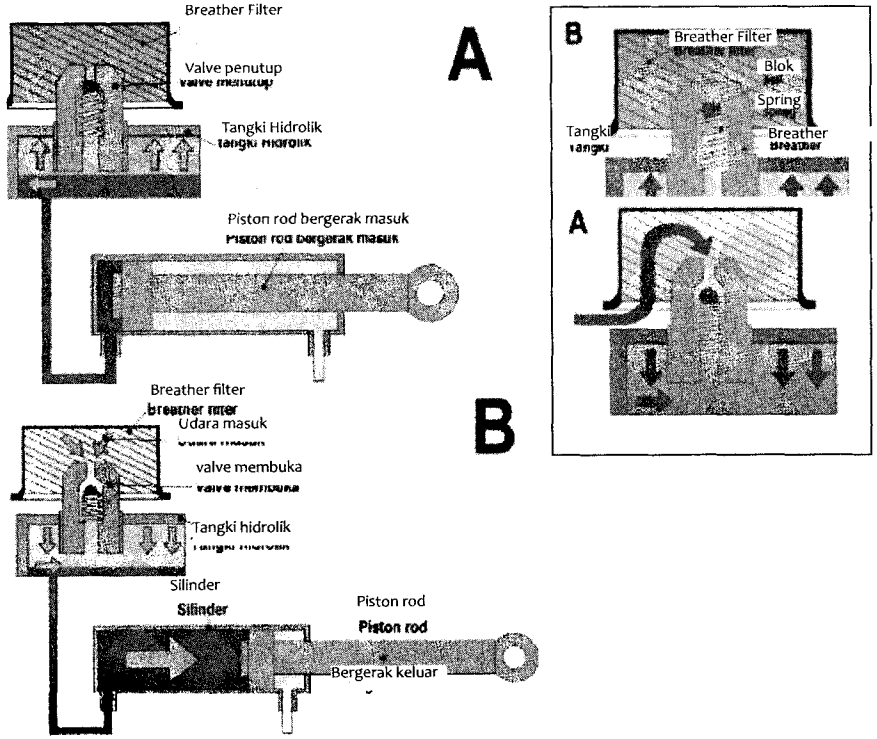


Gambar 8.13 Tangki hidraulis dan sistemnya
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

2. Breather

Breather berguna untuk menjaga agar tekanan udara di dalam tangki tetap selama sistem hidraulis bekerja. *Breather* terdiri dari *breather filter* dan *check valve*. Tangki hidraulis didesain agar memiliki tekanan udara yang lebih tinggi dibandingkan tekanan udara bebas, yaitu sekitar 0.5 Bar. Untuk itu *breather* dilengkapi dengan *check valve*. Jika oli dikeluarkan dari tangki oleh hisapan pompa (piston bergerak ke luar), ruang yang akan ditempati oleh udara membesar dan terjadi vakum. Pada nilai kevakuman tertentu, *check valve* membuka dan memungkinkan udara dari luar terhisap ke dalam tangki.

Saat berikutnya, piston bergerak masuk menyebabkan oli kembali ke tangki. Namun saat ini *check valve* menutup dan oli akan memperkecil ruang yang ditempati udara. Akibatnya udara mengalami kenaikan tekanan.

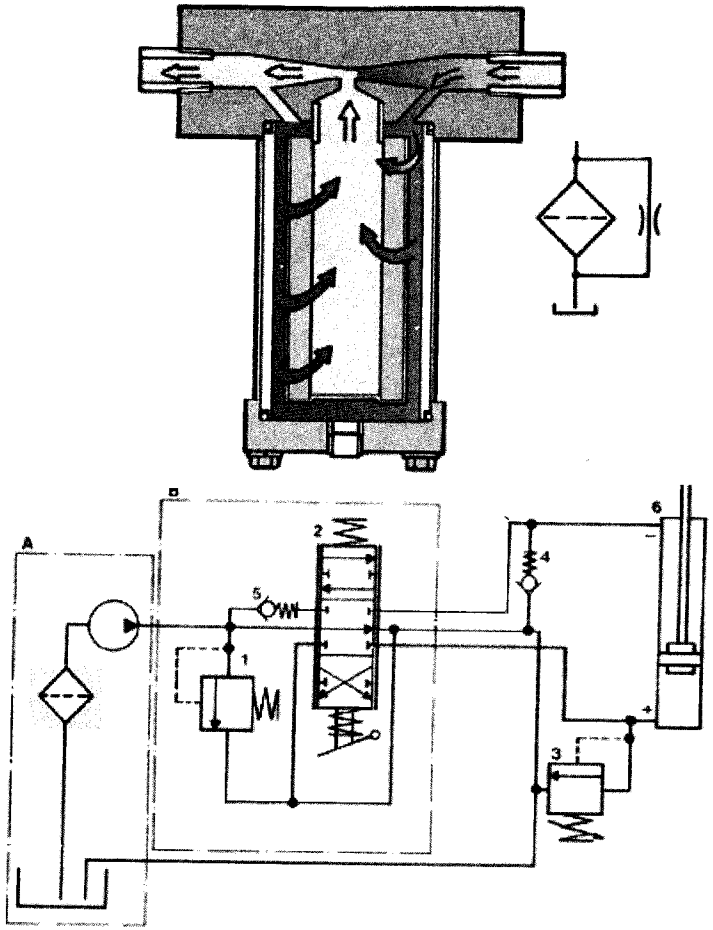


Gambar 8.14 Cara kerja *breather*
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

3. Filter

Filter berguna untuk menangkap kotoran yang ikut mengalir bersama oli agar tidak masuk ke dalam komponen sistem hidraulis yang lain dan menyebabkan penyumbatan atau keausan. Filter pada sistem hidrolik dipasang di dua posisi. Sebuah dipasang pada *suction line* (saluran pemasukan) pompa, dan yang lain dipasang di *return line* (saluran pengembalian).

Filter yang ditempatkan di *return line* berfungsi untuk menangkap kotoran yang dibawa oli dari komponen-komponen sistem hidraulis. Dilengkapi dengan *bypass line* untuk mencegah terbloknya *return line*.



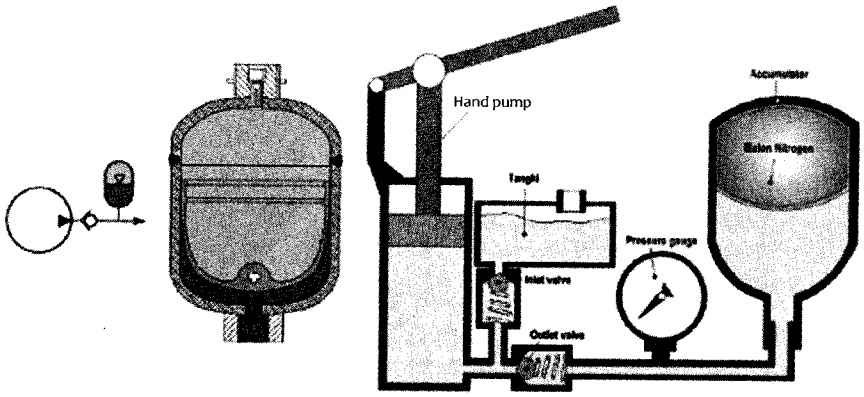
Gambar 8.15 Filter dan sistemnya
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

4. Pressure accumulator

Prinsip kerja *pressure accumulator*: Jika sebuah *pressure accumulator* ditempatkan pada mekanisme hidraulis seperti gambar 8.15, di mana sebuah pompa tangan dihubungkan dengan inlet dan *outlet valve*, dan pada jalur menuju *accumulator* ditempatkan sebuah *pressure gauge*, maka apabila dilakukan pemompaan, oli akan masuk ke dalam *accumulator* dan akan mendesak balon untuk mengerut.

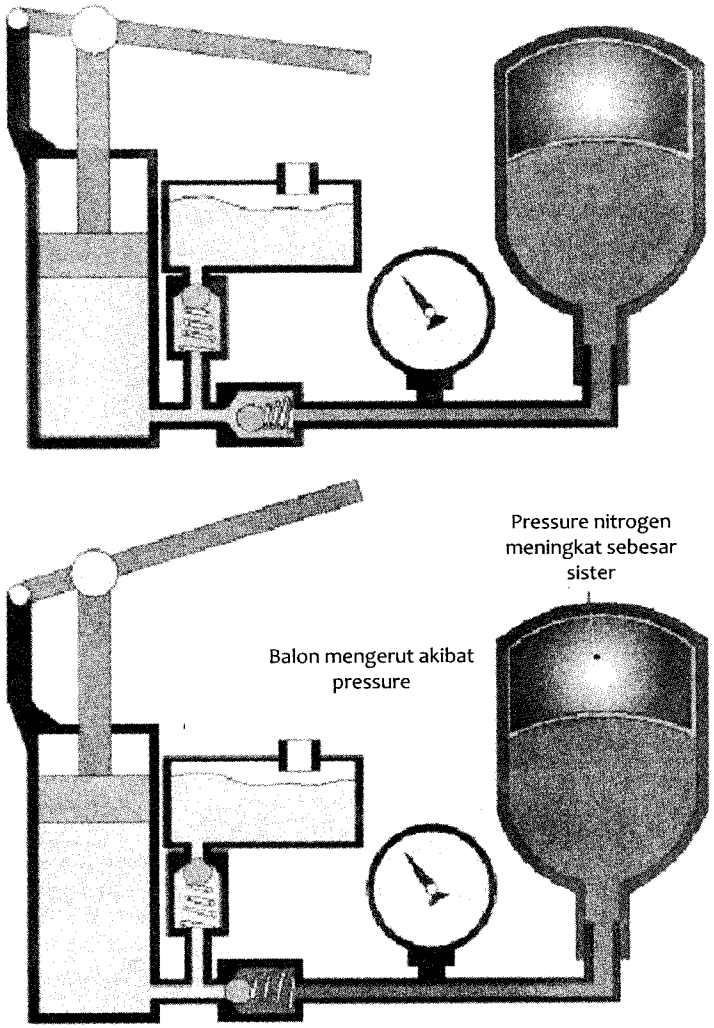
Pressure accumulator berfungsi untuk menyimpan pressure oli untuk sementara waktu untuk digunakan pada sumber tenaga penggerak pompa (mesin, *electric motor*) tidak bekerja. Digunakan pada sistem hidraulis untuk keadaan darurat, seperti pada sistem *service brake*, saat mesin tiba-tiba mati saat unit sedang berjalan, mesin pengereman diambil dari akumulator (pada *articulated hauler*). *Accumulator* juga digunakan untuk memungkinkan kita menurunkan *attachment* (lengan-lengan kerja) yang masih terangkat pada mesin mati.

Di bagian dalam pressure *accumulator* terdapat sebuah balon gas yang berisi gas nitrogen. Gas nitrogen di dalam *pressure accumulator* ini dikompresikan hingga mencapai volume minimumnya. Gas yang mengalami kompresi ini meningkatkan tekanannya dan memiliki tekanan yang sama dengan tekanan oli di dalam sistem hidraulis.



Gambar 8.16 Pressure accumulator
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Pressure accumulator dapat diuji kondisi dengan cara seperti gambar 8.17. Lakukan pemompaan hingga *pressure gauge* menunjukkan pressure spesifikasi, lalu diamkan sistem selama waktu tertentu. Jika *pressure* turun kurang dari harga spesifikasi pada kurun waktu tertentu, berarti balon gas telah mengalami kebocoran dan tidak dapat menyimpan tekanan lagi pada kondisi ini, *accumulator* tidak dapat digunakan lagi, tetapi sebelum dibuang, balon harus dibocorkan terlebih dahulu dengan mengebor bagian atas dari *accumulator*.

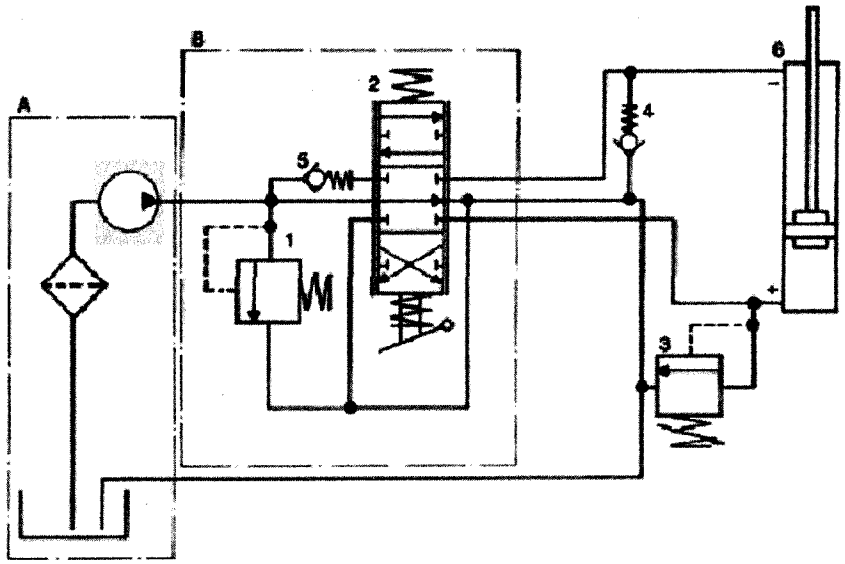


Gambar 8.17 Cara kerja *pressure accumulator*
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

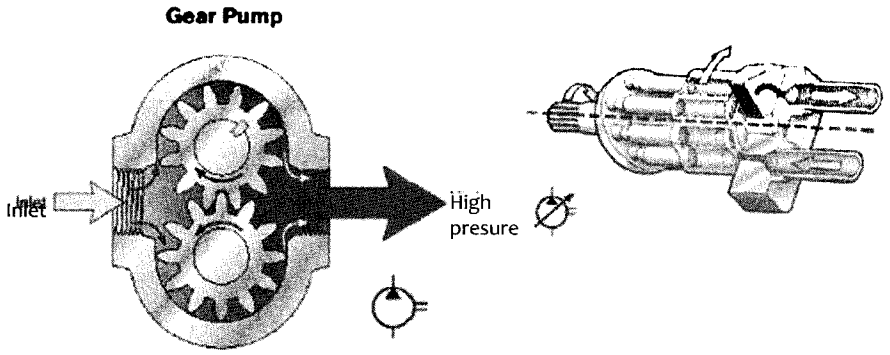
5. Pompa

Pompa oli hidraulis berguna untuk mengalirkan oli dari tangki menuju komponen hidraulis yang membutuhkan. Pompa hanya bertugas untuk menghasilkan aliran (*flow*) dan tidak menghasilkan tekanan (*pressure*). Pompa hidraulis digolongkan menjadi dua:

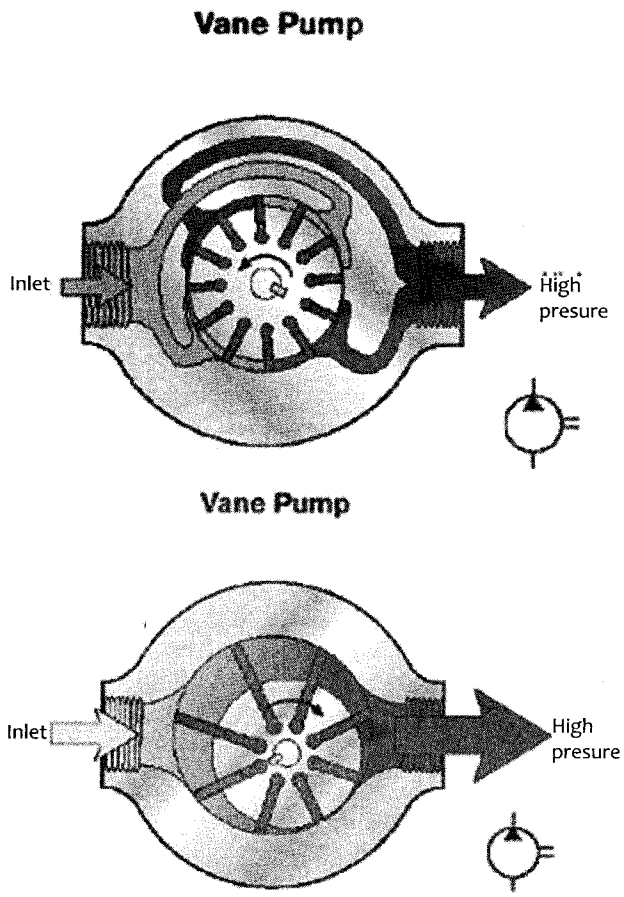
- *Positive pump*: yaitu pompa yang desainnya menyebabkan tingkat kebocoran (*pumping loss*) rendah dan akan selalu mengalirkan oli selama bekerja. Model pompa seperti ini biasanya dipasangkan pada sistem *open centre*. Penghentian aliran keluaran selama pompa bekerja akan menyebabkan kerusakan pada pompa. Contoh: *gear pump, piston pump*.
- *Non-positive pump*: yaitu pompa yang desainnya menyebabkan tingkat kebocoran (*pumping loss*) tinggi, penghentian aliran oli keluaran selama pompa bekerja tidak menyebabkan kerusakan pompa. Contoh: *centrifugal pump*.



Gambar 8.18 Pompa dan sistemnya
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)



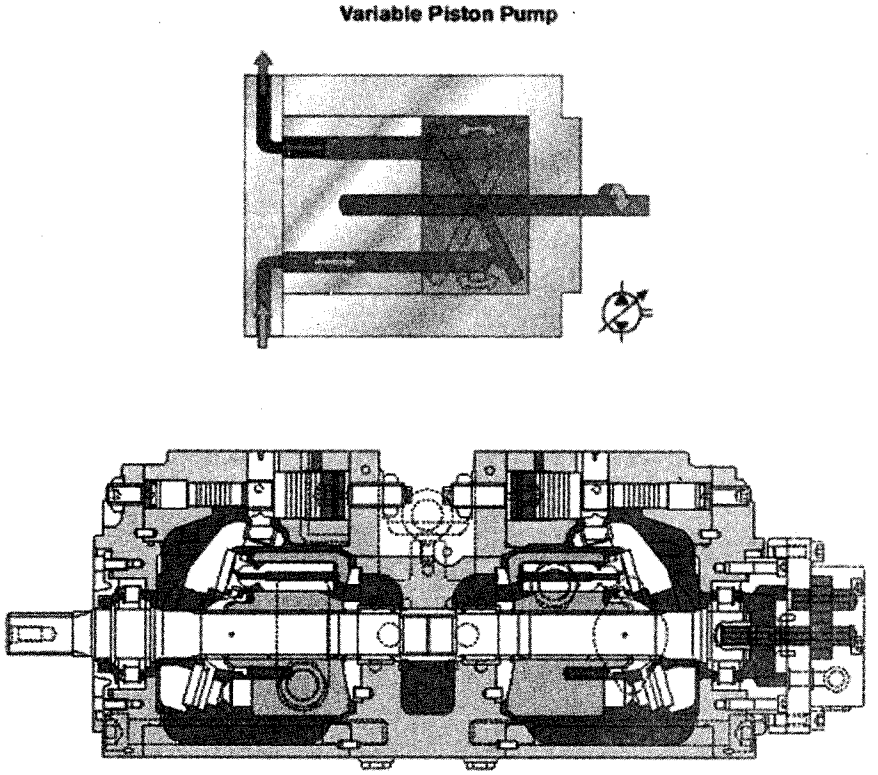
Gambar 8.19 Positive pump



Gambar 8.20 Centrifugal pump
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Variable Displacement Piston Pump

Variable displacement piston pump banyak digunakan dalam sistem hidraulis sebagai pompa utama. Digerakkan langsung oleh mesin. Pada volvo excavator, digunakan tandem *main pump* yang mengonsumsi tenaga mesin hingga 70%. Untuk mencegah terjadinya *engine stall,* pompa dilengkapi oleh *control debit* (*flow control*) yang bekerja dengan mendeteksi beban (*load*) yang akan mengurangi *flow* pompa saat beban maksimum, mengoptimalkan *flow* saat beban normal dan meminimalkan *flow* saat tidak ada penggunaan.

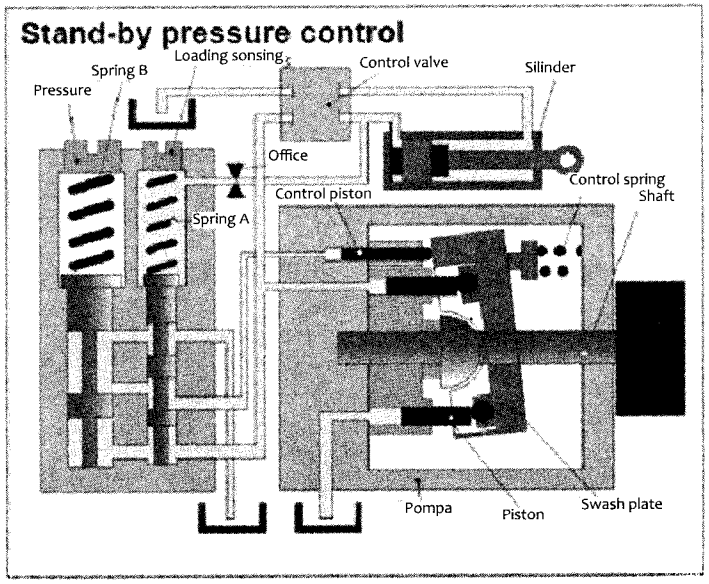


Gambar 8.21 *Variable displacement piston pump*
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

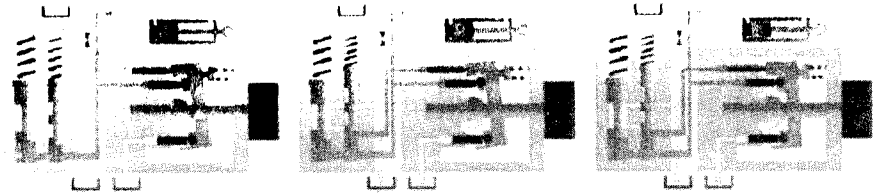
6. Stand-by pressure control

Pada pompa piston dengan *variable displacement*, selama mesin hidup dan sistem hidraulis tidak digunakan, diusahakan agar pemompaan menghasilkan *flow* yang minimal, untuk mengurangi beban mesin dan menghemat bahan bakar, tetapi sistem tetap memiliki tekanan *stand-by*, yang besarnya berbeda pada masing-masing tipe unit. Untuk meminimalkan *flow* tersebut, pompa dilengkapi dengan kontrol piston, *control spring*, dan *load sensing valve*.

Selama *control valve* pada posisi netral, tidak terdapat oli *bar-pressure* yang berikan lewat *orifice*. Saat ini hanya gaya dari spring A yang akan melewati *spool*. Karena *flow* dari pompa terhalang untuk mengalir, terjadi kenaikan tekanan di sepanjang output pompa. Tekanan tersebut menyebabkan *spool* terdorong ke atas, melawan spring A hingga tekanan tersebut bekerja pula pada kontrol piston dan mendorongnya ke arah kanan. *Swash plate* akan menegak dan memperkecil *stroke* piston pompa hingga *flow* menjadi minimal (tetapi tidak sampai nol). Hal ini bertujuan supaya tetap terjadi pemompaan oli untuk pelumasan dan pendinginan komponen hidraulis.



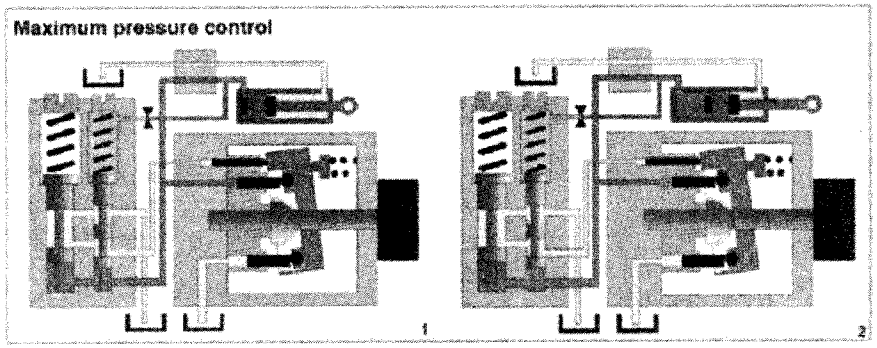
Gambar 8.22 Skema *stand-by pressure control*
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)



Gambar 8.23 Cara kerja *stand-by pressure control*

7. Maximum pressure control

Pada pengontrolan tekanan maksimum, sistem hidraulis dilengkapi dengan *pressure control valve* (sebelah kiri dari *load sensing valve*). Valve ini ditahan oleh *spring* yang cukup kuat. Pada gambar proses 1, control *valve* sedang aktif, aliran oli dari pompa disalurkan menuju silinder. Sebagian oli akan mengalir menuju ruangan di atas *load sensing valve* dan mengisi ruang tersebut. *Load sensing valve spool* didorong ke arah bawah oleh tekanan oli yang terbangkit di bagian atas dan bantuan gaya dorong *spring*. Akibatnya, oli pada kontrol piston akan di-*drain* ke tangki dan control spring akan menekannya mundur. *Swash plate* mencapai kemiringan maksimumnya dan menghasilkan *stroke* pompa serta *flow* yang maksimum pula. Saat ini oli hasil pemompaan akan digunakan untuk mendorong piston di dalam silinder.

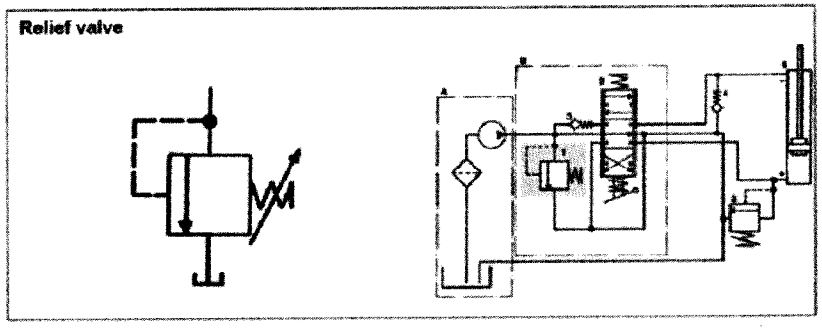


Gambar 8.24 Skema *maximum pressure control*
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

8. Relief valve

Relief valve berfungsi membatasi tekanan maksimum yang bekerja pada suatu sistem hidraulis. Telah kita ketahui bahwa tekanan yang terbangkit di dalam sistem hidraulis bergantung beban yang diterima oleh komponen aktuator hidraulis, seperti piston atau motor hidraulis. Makin besar beban yang diterima, makin besar tekanan yang terbangkit di dalam sistem. Namun hal ini berbahaya karena tekanan bisa menjadi tak terhingga, yang akan menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen hidraulis tersebut, karena kekuatan materialnya terbatas (misalnya: *hose-hose*). Pompa dalam hal ini hanya bertindak sebagai penyalur aliran, selama penggerak pompa masih sanggup memutar pompa, pompa akan terus menghasilkan aliran.

Relief valve ditempatkan pada jalur keluaran pompa sebelum *control valve*, dan mendeteksi perubahan tekanan selama sistem hidraulis bekerja. *Relief valve* terdiri dari *valve spool;* berupa piston atau bola logam yang ditopang oleh pegas (*spring*). Relief valve menjembatani dua lintasan, yaitu lintasan keluaran pompa dan lintasan kembali (*return line*) yang menuju tangki. Terdapat dua jenis relief valve, yaitu tipe *adjustable* (dapat disetel) dan *non-adjustable* (tidak dapat disetel).

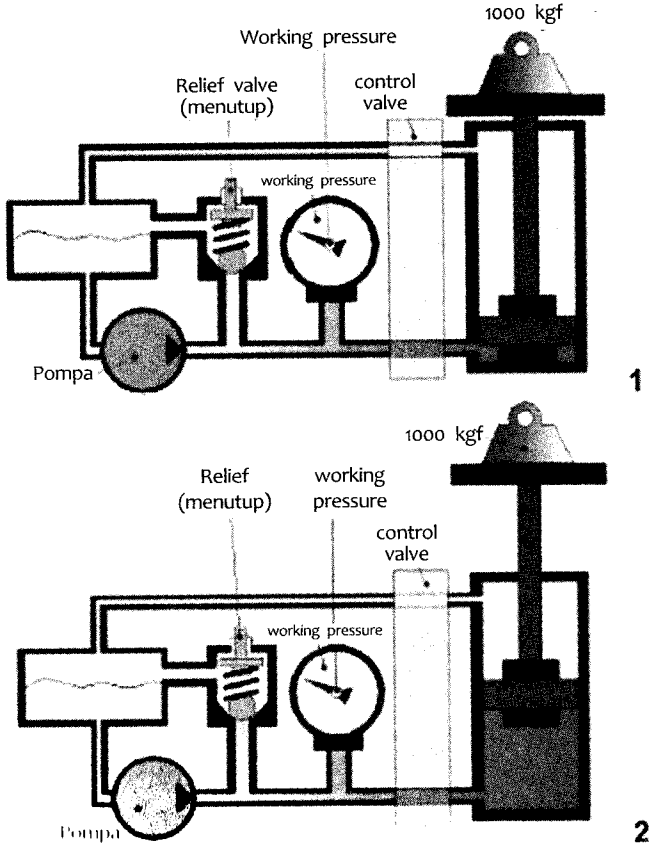


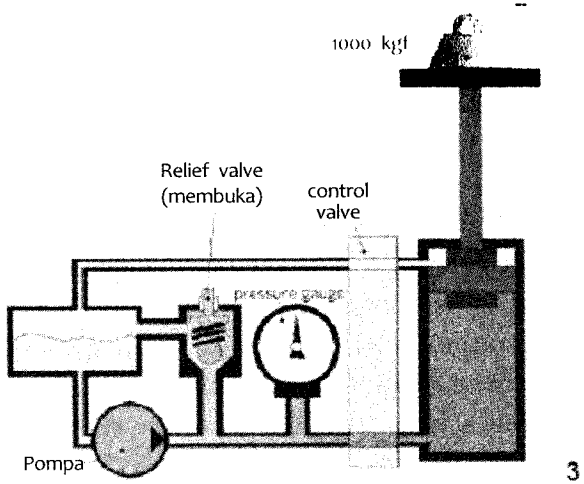
Gambar 8.25 Skema *relief valve*
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Prinsip Kerja Relief Valve Sederhana

Gambar 8.26 ini akan menjelaskan prinsip kerja *relief valve*. Pada gambar 1 terlihat relief valve dipasangkan pada jalur keluaran pompa hidraulis, dan menghubungkan jalur keluaran pompa dengan tangki. Pada saat *control valve* dibuka, sejumlah oli akan mengalir menuju silinder kerja. Jika penampang piston dalam silinder kerja adalah 10 cm^2, beban yang akan diangkat sebesar 100 kgf, maka saat ini terbangkit tekanan sebesar: p=F/A = 1000 kgf/10cm^2, dan nilai ini terbaca pada *pressure gauge* dan piston mulai meluncur ke atas (gambar 2).

Pada gambar 3, piston mencapai langkah maksimumnya, di mana oli hasil pemompaan tidak dapat disalurkan ke dalam silinder lagi, saat ini terjadi kenaikan tekanan (terlihat pada pembacaan *pressure gauge*) yang apabila dibiarkan akan merusak komponen hidrolik yang lemah. Jika *relief valve* disetel pada 150 kgf/cm^2, maka ketika tekanan sistem mencapai nilai tersebut, *relief valve* akan membuka dan memungkinkan kelebihan aliran hasil pemompaan disalurkan kembali ke tangki untuk mencegah tekanan kenaikan tekanan lebih lanjut.





Gambar 8.26 Prinsip kerja *relief valve* sederhana
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

9. Control valve

Control valve merupakan komponen sistem hidraulis yang berfungsi untuk mengontrol aliran hidraulis pada sistem secara parsial (sebagian) atau keseluruhan.

1. Pengaturan arah aliran (*flow*) oli dari pompa menuju actuator hidraulis.
2. Pengaturan tekanan maksimum pada sistem.
3. Fungsi-fungsi regenerasi (pemanfaatan aliran pengembalian oli).
4. Fungsi pengamanan beban kejut (*shock* dan kavitasi).

Pengaturan arah aliran oli

Pada fungsi ini, *control valve* dilengkapi dengan valve, spool, yang berupa batang logam dengan cerukan-cerukan dan alur pada permukaannya, yang berada di dalam *valve housing*. Valve housing ini memiliki lubang-lubang serta pembuluh untuk tempat mengalirnya oli, sedangkan valve spool berfungsi sebagai gerbang (seperti pintu air), yang mengarahkan oli yang mengalir di dalam pembuluh-pembuluh untuk diteruskan menuju aktuator-aktuator hidraulis.

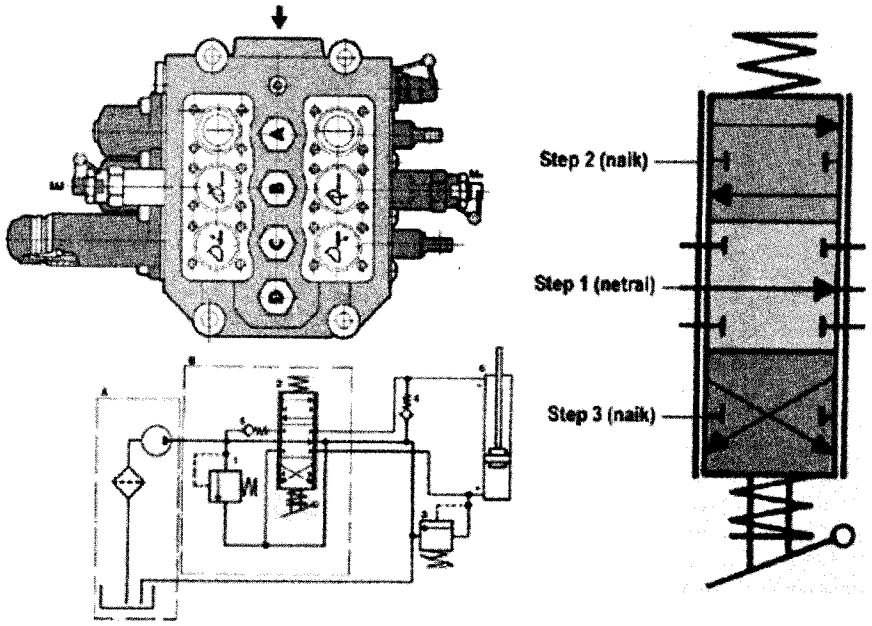
Bentuk sederhana dari *control valve* dapat dilihat pada gambar 8.27. Terlihat *control valve* tersebut memiliki 3 langkah.

Langkah 1: netral. Pada posisi ini oli hasil pemompaan dialirkan kembali ke tangki (pada sistem *open centre*). Jalur-jalur yang menuju silinder ditutup hingga tidak ada aliran oli menuju atau kembali dari silinder. Piston tidak dapat bergerak keluar (*extend*) atau bergerak masuk (*retract*) karena oli terjebak di kedua sisi piston.

Langkah 2: naik. Pada posisi ini oli hasil pemompaan akan disalurkan menuju *positive side* (piston side) silinder, dan oli pada sisi *negative side* (rod side) akan dialirkan kembali ke tangki.

Langkah 3: turun. Pada posisi ini hasil pemompaan akan disalurkan menuju *negative side* (rod side) silinder, dan oli dari *positive side* (*piston side*) akan dialirkan kembali ke tangki.

Control valve spool ada yang digerakkan langsung oleh tangan operator (*direct control*), ada pula yang digerakkan oleh tenaga hidraulis (*remote control*).



Gambar 8.27 Skema *control valve* dan langkah kerja
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

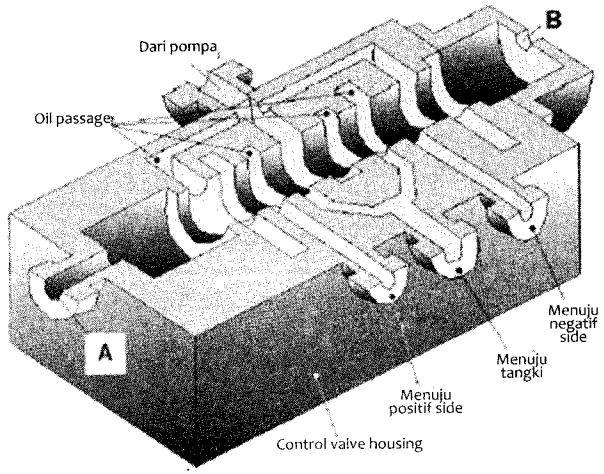
BAGIAN-BAGIAN CONTROL VALVE

- Control valve housing

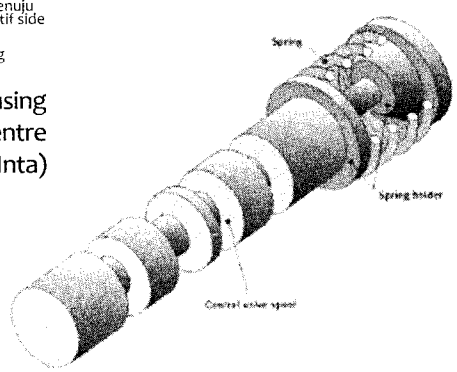
Control valve housing dibuat dengan alur-alur sebagai *oil passage* (saluran oli) dimana di bagian ujung-ujung dipasang port-port sebagai saluran penghubung ke komponen-komponen hidraulis lainnya (pompa, silinder kerja, dll). Gambar di bawah ini mengilustrasikan potongan control valve housing untuk memperlihatkan jalur-jalur tersebut.

- Control valve spool

Control valve spool didesain sedemikian rupa di mana di bagian memanjangnya terdapat jalur-jalur dengan diameter kecil sebagai jalur aliran oli dan bagian dengan diameter besar sebagai penyekat. Di salah satu ujung dipasangkan sebuah baut untuk mengikat *spring* dan *spring holder*.



Gambar 8.28 Control valve housing
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)



Gambar 8.29 Contol valve spool
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

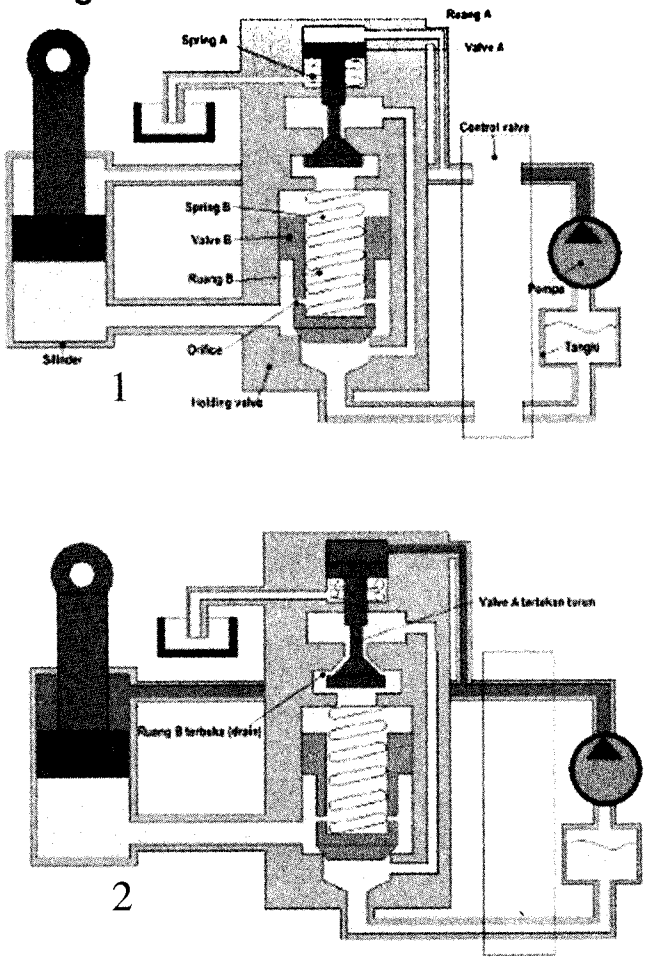
10.Holding valve

Holding valve berguna untuk mengurangi penurunan *piston rod* akibat kebocoran internal *(internal leak)* pada spool saat lengan kerja mendapat beban secara statis. Valve spool dengan *valve housing* didesain agar *valve spool* dapat bergerak dengan lancar. Kosekuensinya adalah masih terdapat celah (*clearance*) yang memungkinkan oli dari silinder akan kembali ke tangki walau *control valve* pada posisi netral (menutup) (gambar 1). Hal ini disebabkan bobot lengan kerja serta muatan pada *bucket* yang memberikan tekanan terhadap oli untuk kembali ke tangki. Efeknya, *piston rod* akan turun perlahan-lahan dan posisi dari lengan kerja akan berubah. Untuk mengurangi kondisi seperti ini, diberikan hambatan yang lebih besar bagi oli untuk kembali ke tangki pada posisi *control valve netral.*

Pada dasarnya *holding valve* dipasang menyatu dengan *control valve*, tetapi ditempatkan setelah control valve spool. Pada gambar terlihat valve B ditahan oleh sebuah spring B yang kuat yang menahannya tetap menutup jalur pengembalian oli dari *positive side*. Terdapat *orifice* yang memungkinkan sebagian oli yang memiliki tekanan masuk ke sisi ruang B. Karena gaya yang terbentuk oleh tekanan bekerja kedua sisi *valve* B, ditambah gaya dari *spring* B, menyebabkan *valve* akan tetap tertutup, mencegah aliran oli keluar dari *positive side* silinder.

Pada gambar 2, saat *control valve* dibuka untuk menurunkan posisi piston, sebagian oli akan mengalir menuju ruang A, menekan *valve* A menekan *spring* A. Saat ini oli yang ada di ruang B akan di-*drain* ke tangki, hingga yang menahan *valve* B hanyalah *spring* B. Karena gaya yang terbangkit oleh tekanan oli lebih kuat, valve B akan membuka dan memungkinkan oli dari *positive side* dikembalikan ke tangki.

Holding Valve



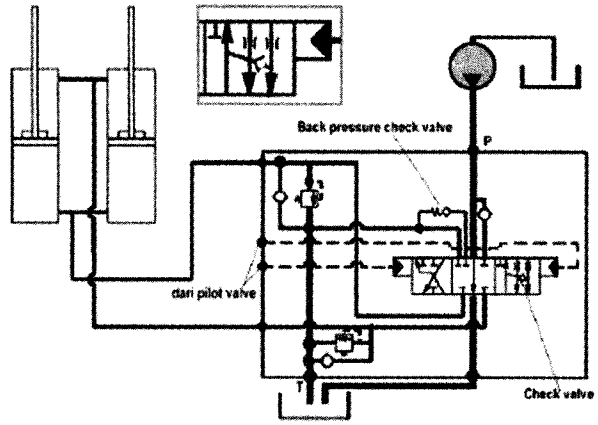
Gambar 8.30 Skema *holding valve*
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

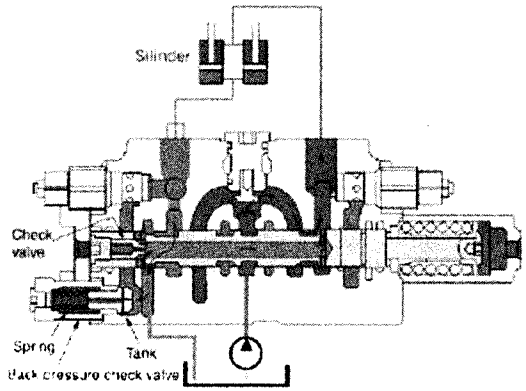
11. Regeneration

Regeneration adalah suatu kerja yang memungkinkan pemanfaatan aliran oli yang keluar dari salah satu sisi silinder kerja, yang akan kembali ke tangki untuk disalurkan ke sisi silinder yang lain, yang tujuannya mempercepat gerakan dari piston, tanpa harus mengandalkan *flow* sepenuhnya dari pompa. Kerja ini hanya dimungkinkan saat silinder kerja dalam keadaan tidak berbeban, agar proses atau sikus kerja hidraulis lebih tepat waktu.

Pada gambar 8.31 di bawah, silinder *boom* menggunakan fungsi regeneration pada posisi *lowering*-nya. Karena posisi *lowering* (menurunkan) tidak membutuhkan tenaga yang besar (lengan akan turun dengan bebannya sendiri). Pada sistem tersebut, jalur kembali ke tangki dari *positive side* diberi *back pressure check valve*, yang berfungsi memberi hambatan aliran bagi oli. Di bagian dalam dari *control valve* spool terdapat sebuah *check valve* yang akan membuka hubungan jalur antara jalur kembali dan jalur tenaga yang akan menuju *negative side.*

Namun saat *silinder boom* bergerak turun mendapat hambatan gerak, maka *pressure* akan meningkat pada sisi *negative side*, menyebabkan *check valve* ditahan tertutup oleh tekanan tersebut, dan regenerasi tidak berfungsi.



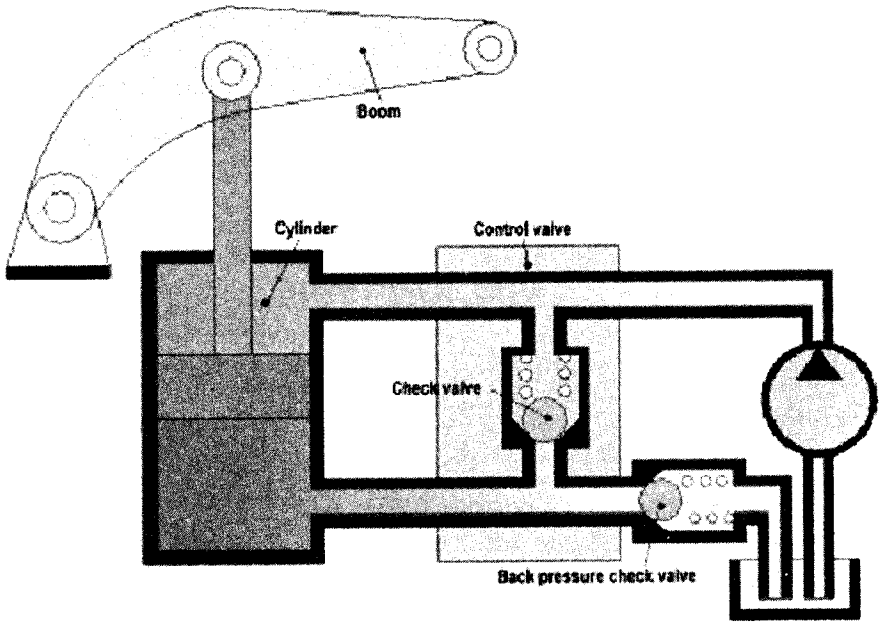


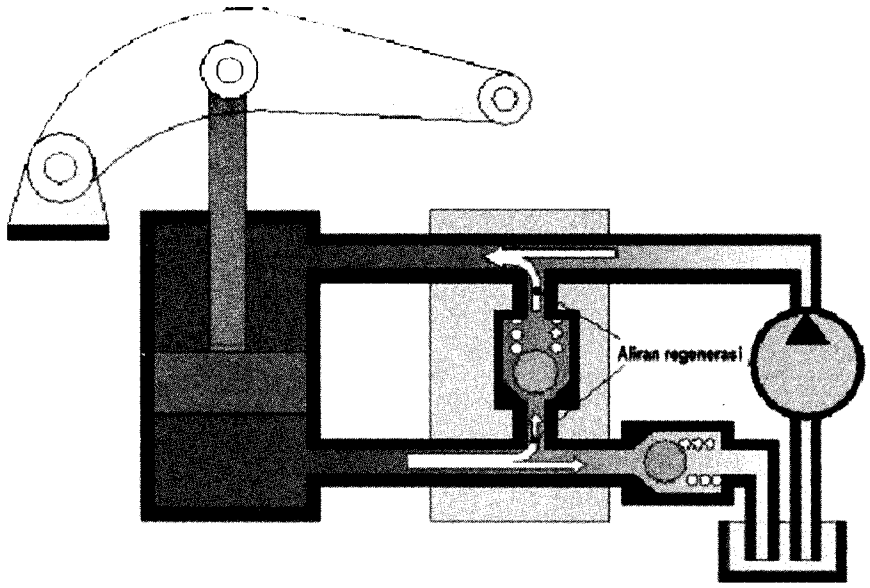
Gambar 8.31 *Skema Regeneration*
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Prinsip Regenerasi

Berikut ini adalah gambar yang disederhanakan untuk menjelaskan fungsi regenerasi. Pada gambar terdapat dua buah *check valve*. Saat *control valve* terbuka untuk menurunkan lengan kerja, oli dari pompa akan mengalir menuju *negative side* dari silinder. Saat ini oli dari *positive side* akan tertekan keluar dari silinder dan akan membuka *back pressure check valve*.

Karena *back pressure check valve* menggunakan *spring* yang lebih kuat dibandingkan spring check valve di dalam *spool*, maka *check valve* di dalam *spool* akan membuka lebih dahulu, hingga oli dari *positive side* akan ikut mengalir menuju *negative side* dan bergabung bersama aliran oli dari pompa. Dengan cara ini gerakan turun dari lengan menjadi lebih cepat karena tidak mengandalkan sepenuhnya aliran dari pompa. Sebagian oli akan tetap mengalir kembali ke tangki. Jika gerakan lengan kerja terhenti akibat faktor eksternal, terjadi kenaikan tekanan di negative side dari silinder, yang menyebabkan *check valve* di dalam *spool* tidak dapat membuka hingga regenerasi tidak berfungsi.





Gambar 8.32 Prinsip kerja regenerasi
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

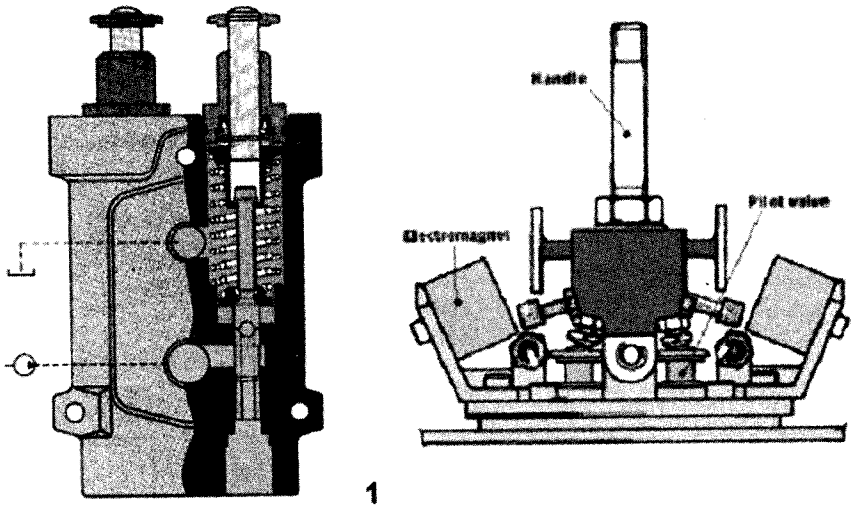
12.Servo/Pilot valve

Servo/pilot valve berfungsi mengendalikan kerja dari control valve menggunakan tekanan dan aliran oli hidraulis yang relatife lebih kecil. Dengan cara ini, desain dari valve lebih sederhana dan relatif kecil hingga pengendalian kerja sistem hidraulis menjadi lebih ringan dan lincah.

Servo/pilot valve pada umumnya dihubungkan dengan *handle* atau *joystick* (gambar 2) yang diletakkan di ruang kabin untuk menambah kelincahan operasi. Dilayani oleh sirkut terpisah dari sirkuit utama (*main system*) dengan sebuah pompa pilot (*charge pump/servo pump/pilot pump*). Konstruksi dari servo/ pilot pump dapat dilihat pada gambar 8.33.

Pada *wheel loader volvo, handle* dilengkapi dengan elektromagnet yang dapat menahan *handle* pada posisi tertentu hingga *pilot valve* akan membuka selama periode tertentu (fungsi *boom kick-out*) Pada gambar juga, diperlihatkan skema dari *pilot valve* yang digunakan di *loader*. Terlihat bahwa penerusan gerak dari *handle*

ke valve melalui *spring* (tidak terjadi kontak langsung). Pada umumnya aliran oli hidraulis dari *servo/pilot valve* digambarkan sebagai garis terputus-putus.

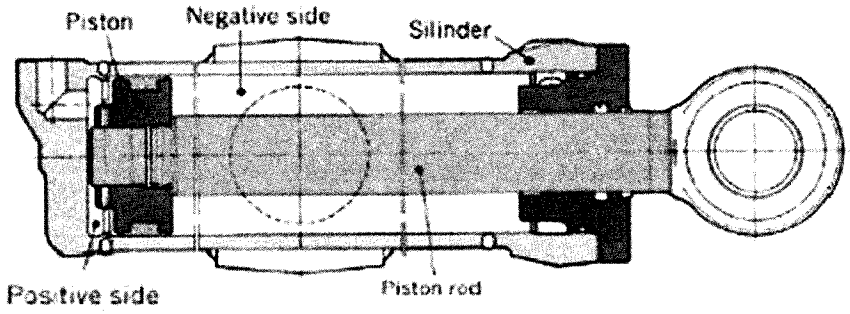


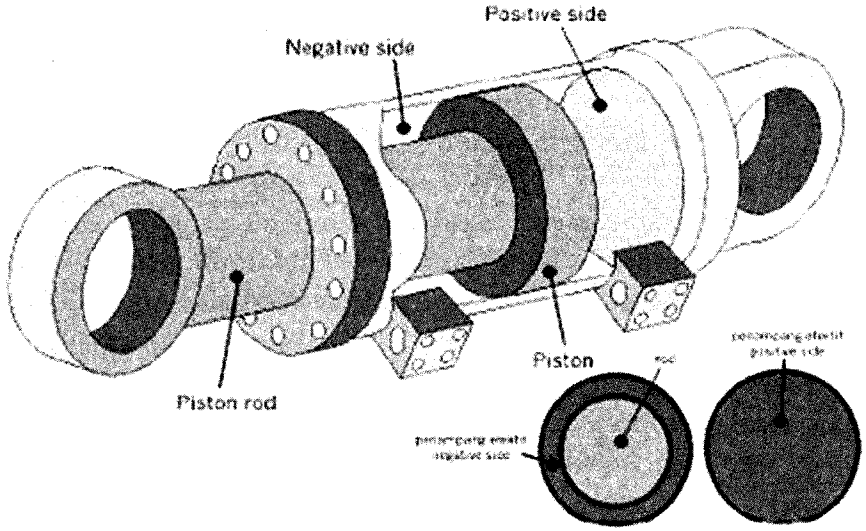
Gambar 8.33 Skema *servo/pilot valve* (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

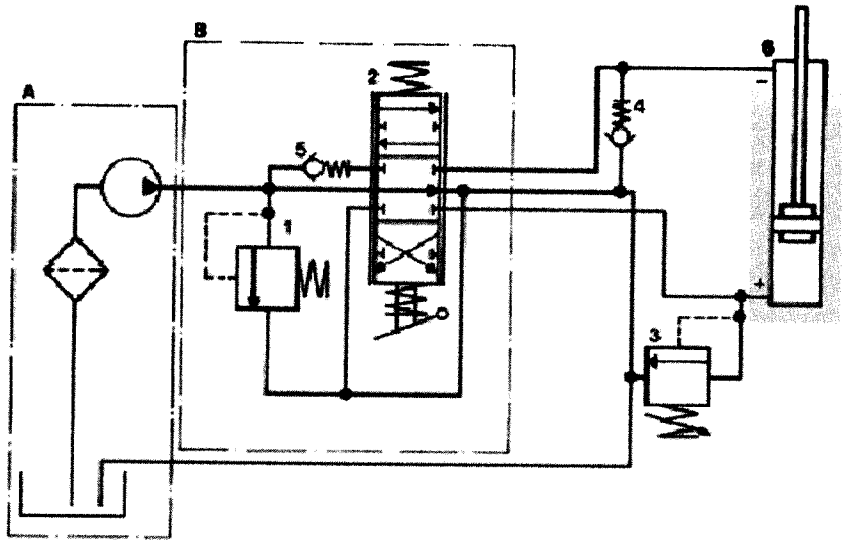
13. Silinder kerja (working cylinder)

Silinder kerja berguna untuk mengubah aliran oli hidraulis menjadi gerakan mekanis berupa gerak translasional. Gerak mekanis ini dapat digunakan untuk berbagai aplikasi seperti *boom, arm, bucket, steering, lock*, dan lain-lain.

Silinder kerja terdiri dari piston, *piston rod, piston* seal dan silinder. Silinder kerja memiliki dua ruang yang disekat oleh piston dan *piston seal*. Sisi di mana sebuah piston rod disebut *negatif side* atau *rod side*, dan sisi di mana tidak terdapat *piston* rod disebut *positive side*. Positive side selalu digunakan untuk aplikasi dimana dibutuhkan gaya yang lebih besar, sedangkan *negative side* hanya digunakan untuk pengembalian. Hal ini disebabkan luas penampang efektif pada *positive side* lebih besar dibandingkan *negative side*, karena dikurangi luas penampang yang dipasangkan *piston rod*.



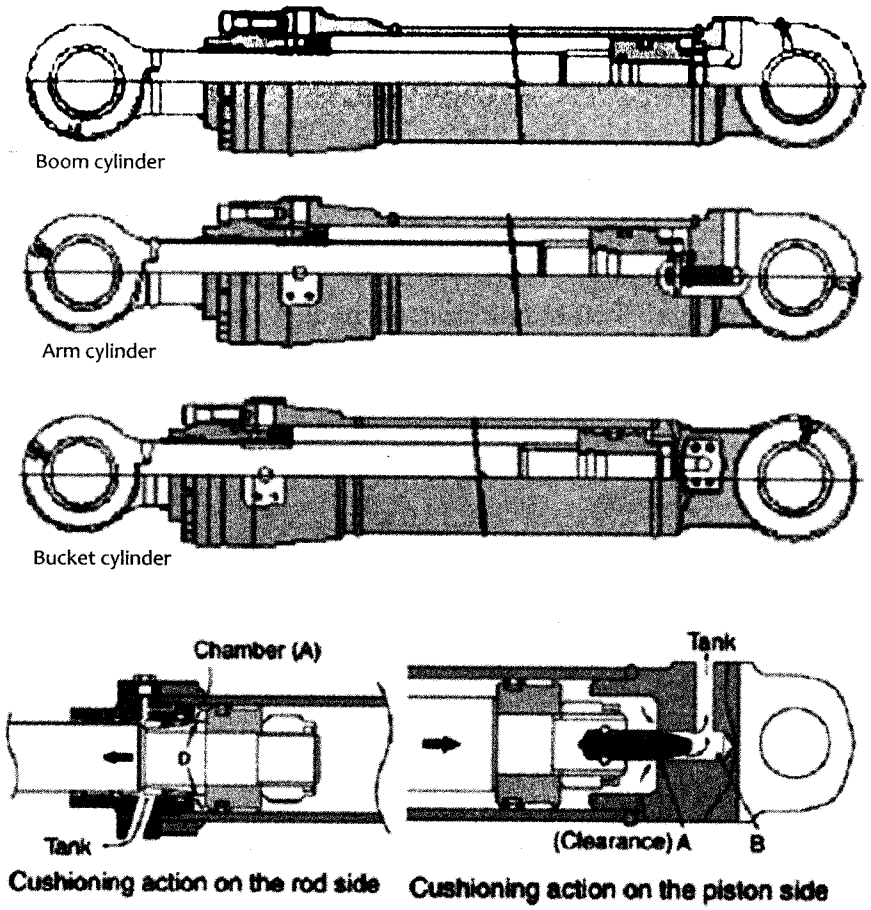




Gambar 8.34 Skema silinder kerja (*working cylinder*)
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Piston rod dan permukaan sebelah dalam dari silinder dilapisi kromium untuk memperhalus gerakan meluncurnya serta meningkatkan ketahanan aus pada permukaan dan *seal* serta suhu tinggi.

Untuk mengurangi kejutan atau benturan saat piston mencapai langkah maksimumnya (*maximum stroke*), piston tertentu didesain dengan perlengkapan peredam kejutan yang disebut *cushion*. Dengan dilengkapi dengan *cushion*, aliran oli yang keluar dari sisi silinder tertentu akan berkurang kelanjutannya dengan memperkecil saluran pengeluaran hingga kecepatan gerak *piston* dapat dikurangi secara signifikan ketika piston akan mencapai akhir langkahnya.



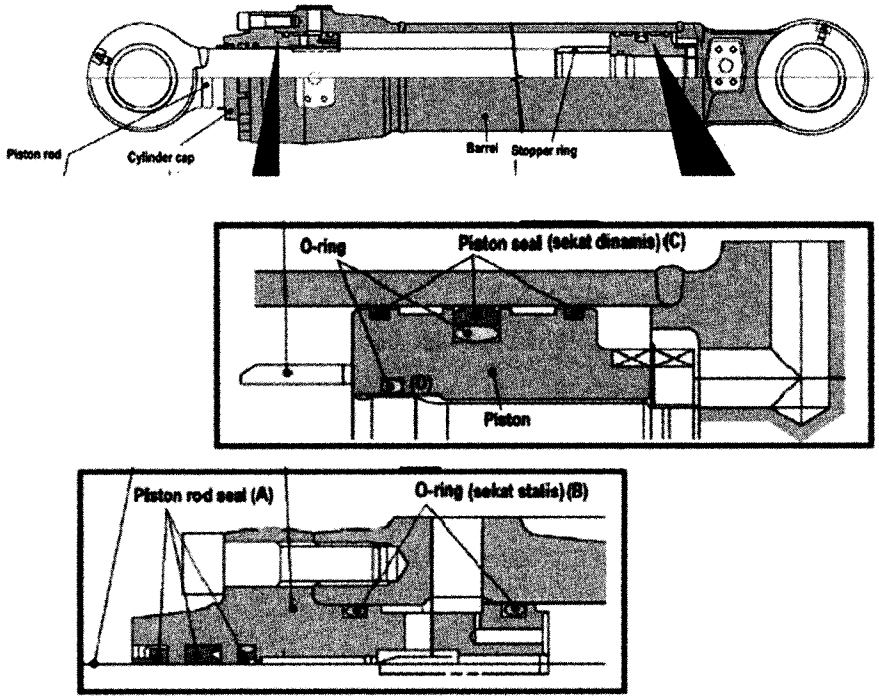
Gambar 8.35 Gerak mekanis silinder kerja
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Terdapat empat posisi penyekat (*seal*) pada silinder kerja:

a) *Seal* antara *piston rod* dan *cylinder cap*, berfungsi mencegah kebocoran oli keluar dan mengikis kotoran yang melekat pada *piston rod* (penyekat dinamis).
b) *Seal* antara cylinder cap dan *barrel*, berfungsi mencegah kebocoran oli antara piston cap dan barrel (penyekat statis).
c) Seal antara piston dan barrel, berfungsi mencegah kebocoran antara kedua sisi piston (positive dan *negative side*) melalui celah antara piston dan *barrel* (penyekat dinamis).

d) *Seal* antara piston dan *piston rod*, berfungsi mencegah kebocoran antara kedua sisi piston (positive negative side) melalui celah antar piston dengan rod-nya (penyekat statis).

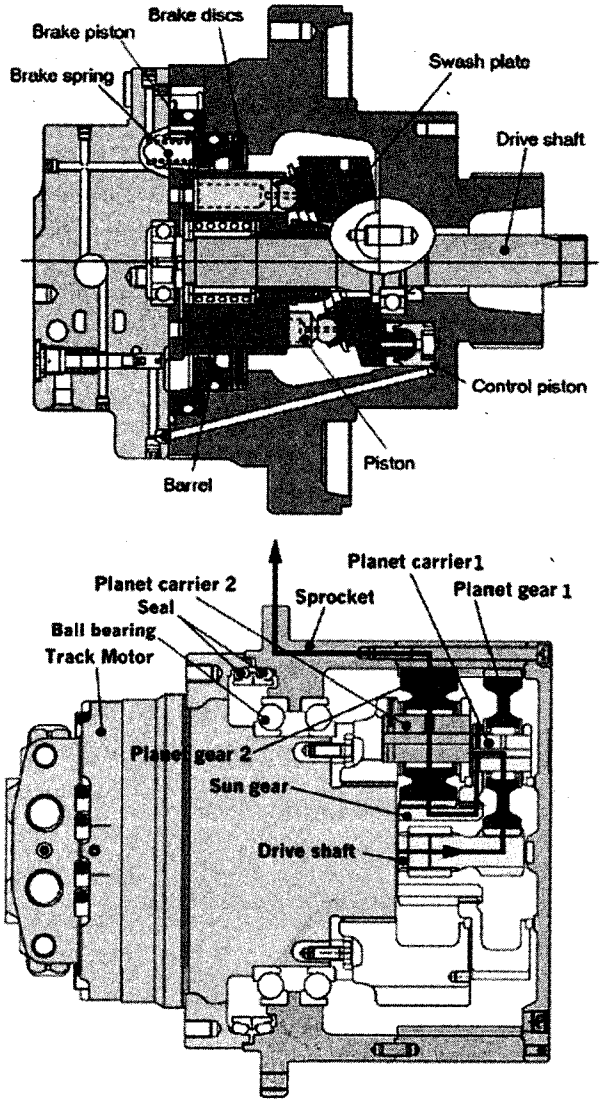
Untuk penyekat statis, pada umumnya menggunakan *O-ring* yang terbuat dari karet dan untuk penyekat dinamis menggunakan ring kompresi chevron (yang tahan tekanan tinggi). *Stopper ring* berguna untuk membatasi panjang *rod* yang keluar pada stroke maksimum agar ketahanan *rod* terhadap gaya menyamping tetap terjaga.



Gambar 8.36 Posisi penyekat (*seal*) (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

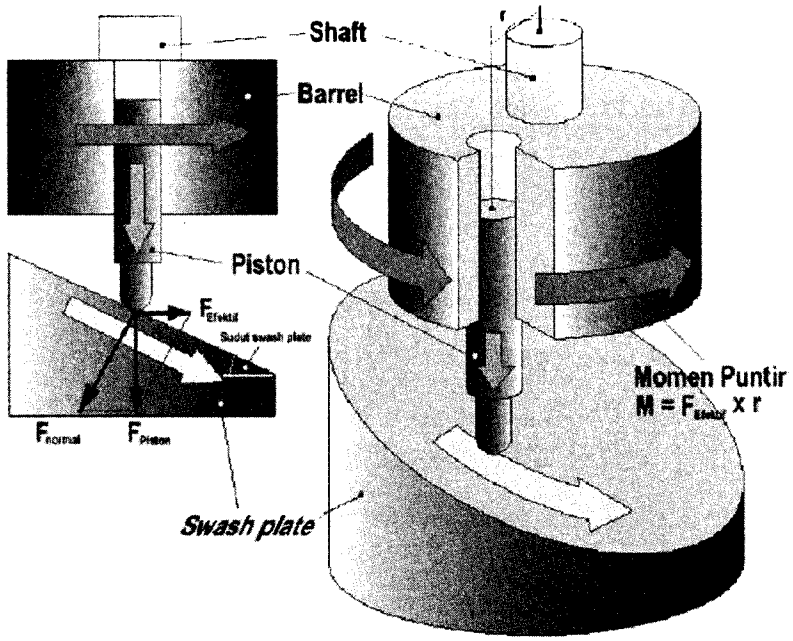
14.Hidraulis motor

Hidraulis motor berguna untuk mengubah *flow* hidrolik menjadi gerak berputar. Menggunakan prinsip yang hampir sama dengan pompa hidraulis; menggunakan serangkaian piston dan *swash plate* untuk mengubah *displacement*-nya. Dengan kemampuan ini, hidraulis motor dapat diatur kecepatan putarnya, serta momen puntir yang dihasilkannya. Hidraulis motor untuk menggerakkan unit *excavator* dilengkapi dengan *parking brake* yang akan efektif setiap saat motor berhenti berputar (*control valve* posisi netral). Untuk memperbesar torsi yang dihasilkan, *drive shaft* dihubungkan dengan *planetary gear assembly* dua tahap hingga terjadi reduksi putaran dan pelipatgandaan torsi.



Gambar 8.37 Skema hidraulis motor
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Prinsip Kerja Hydraulic Motor



Gambar 8.38 Prinsip kerja hidraulis motor (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Rumus:

$F_{piston} = (pxA)$ Dan:

$F_{efektif} = F_{piston} \times \sin á$ $M = F_{efektif} \times r$

Di mana :

F_{piston} : gaya yang dihasilkan oleh oli hidrolik.

P : tekanan sistem hidrolik.

A : lubang penampang piston.

$F_{efektif}$: besarnya gaya efektif yang berguna memutar *shaft*.

sin á : faktor kemiringan *swash plate*.

M : momen puntir

r : jarak antara sumbu piston dan sumbu *shaft*.

Dari rumus di atas, diketahui bahwa makin besar sudut kemiringan dari *swash plate* (sin á), maka makin besar momen puntir (torsi) yang dihasilkan motor. Untuk itu *swash plate* selalu diposisikan pada sudut maksimum saat unit hendak mulai berjalan, karena membutuhkan momen yang besar.

Hydraulic motor control

Keterangan:

Solenoid valve: berguna untuk mengaktifkan atau menon-aktifkan fungsi gigi percepatan 2 pada *track motor*. Dikontrol oleh arus listrik yang dikirim oleh *speed switch.*

Foot valve: Berguna untuk mengirim sinyal pilot *pressure* ke *travel control valve* sebagai perintah untuk mengaktifkan *track motor*. Dikontrol dengan kaki operator. Memiliki tiga posisi, yaitu maju (ditekan ke depan), netral, dan mundur (ditekan ke belakang).

Travel control valve: berguna untuk mengontrol aliran oli utama yang akan menuju atau kembali dari *track motor.*

Counterbalance valve: berguna untuk mendistribusi aliran oli yang diterima dari *valve control* ke *track motor, parking brake,* dan ke fungsi percepatan 2.

Shuttle valve: berguna untuk memungkinkan terjadinya penyaluran oli untuk fungsi percepatan 2 dari dua arah tanpa terjadi intervensi.

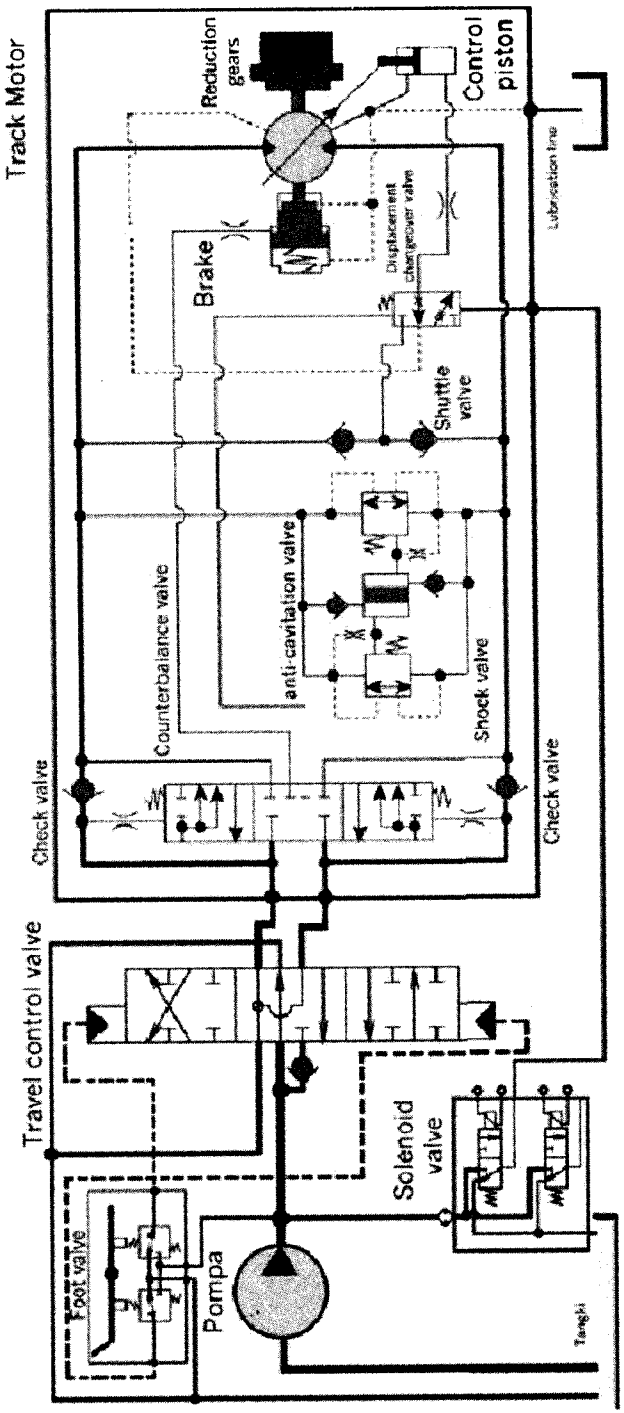
Displacement changeover valve: berguna untuk menutup atau meneruskan aliran oli yang menuju *control piston* untuk memungkinkan terjadinya *upshifting* ke gigi 2.

Control piston: berguna untuk mengubah kemiringan swash plate untuk mengubah *displacement motor* agar terjadi perubahan kecepatan putar motor.

Reduction gears: berguna untuk meningkatkan torsi yang dihasilkan oleh *drive shaft* dari motor.

Brake: berguna untuk menghentikan putaran dari *track motor* setiap *travel control valve* kembali ke posisi netral.

Shock dan anti-cavitation valve: berguna untuk mencegah terjadinya kenaikan tekanan yang berlebihan dan kavitasi akibat perubahan eksternal.

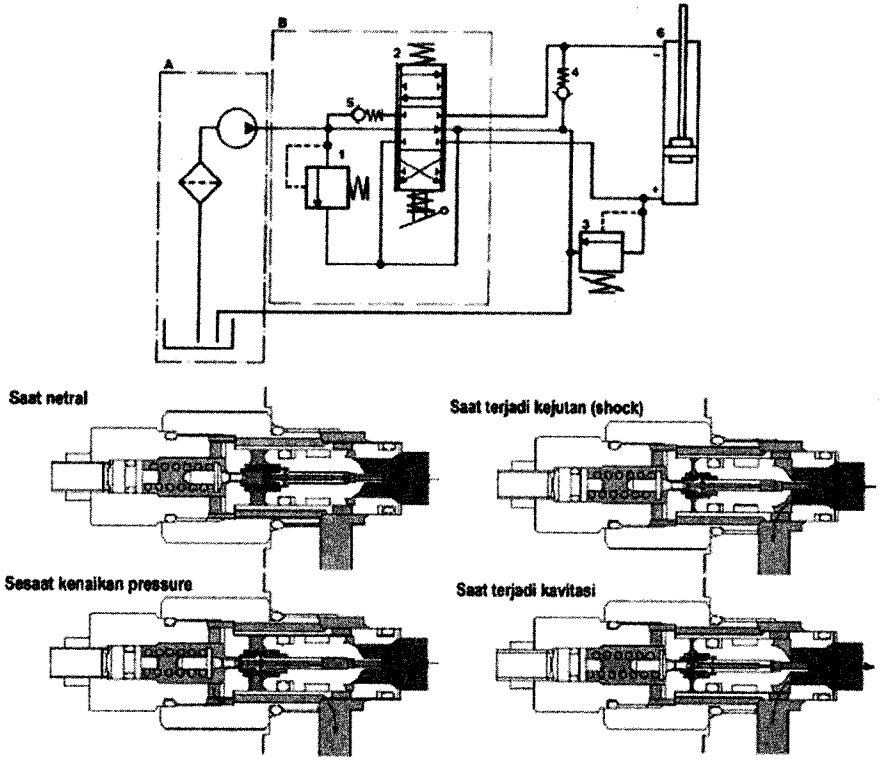


Gambar 8.39 Skema Hydraulic motor control
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

15. Shock valve dan anti-cavitation valve

Shock valve berguna untuk melindungi sistem hidraulis saat terjadi tekanan berlebih akibat gaya dari luar, terutama saat *control valve* pada posisi netral, misalnya *rod piston*, membentur objek, atau tertimpa benda jatuh. Karena piston dipaksa masuk atau keluar oleh gaya eksternal tersebut, terjadi kenaikan tekanan pada oli di dalam silinder. Tekanan ini lebih besar dibandingkan tekanan maksimum sistem hidraulis.

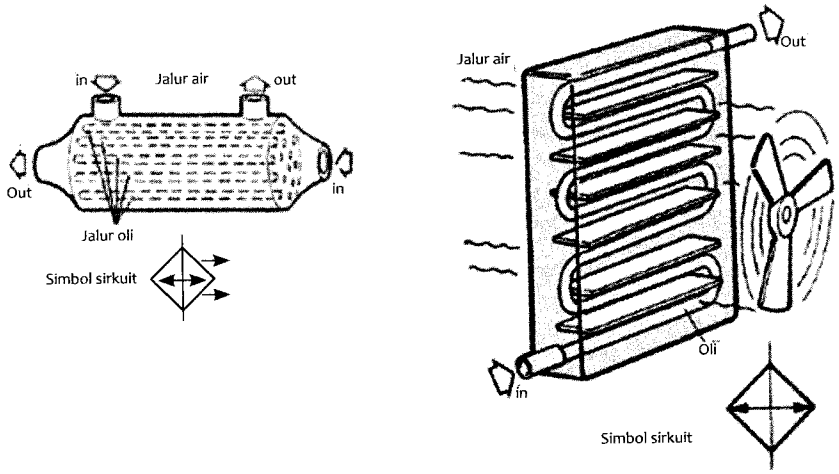
Anti-cavitation valve dipasang berseberangan dengan *shock valve*, dan berguna untuk mencegah terjadinya kavitasi (timbulnya gelembung udara) di dalam silinder akibat kevakuman yang disebabkan ruang silinder yang ditempati oleh oli membesar akibat gaya dari luar.



Gambar 8.40 skema *Shock valve* dan *anti-cavitation* valve
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

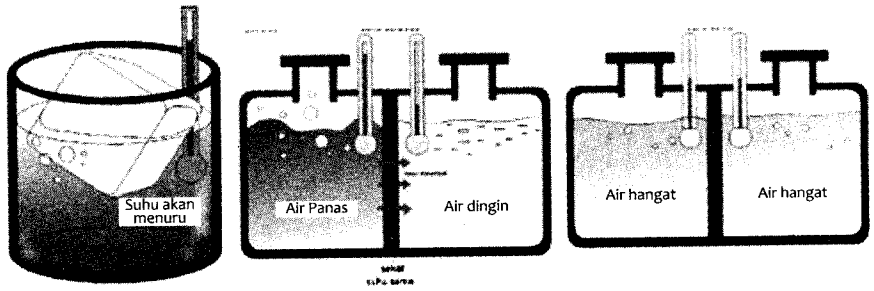
16.Oil cooler

Oil cooler berfungsi sebagai medium perpindahan panas yang timbul pada oli ke fluida lain yang digunakan sebagai penyerap panas. *Oil cooler* dapat bekerja dengan fluida air dan fluida udara. Pada *oil cooler* yang menggunakan filter air, panas ditransfer dari oli, melalui pipa-pipa, fins dan kemudian ke air. Panas yang telah berpindah ke air akan dilepaskan melalui radiator dengan embusan udara.

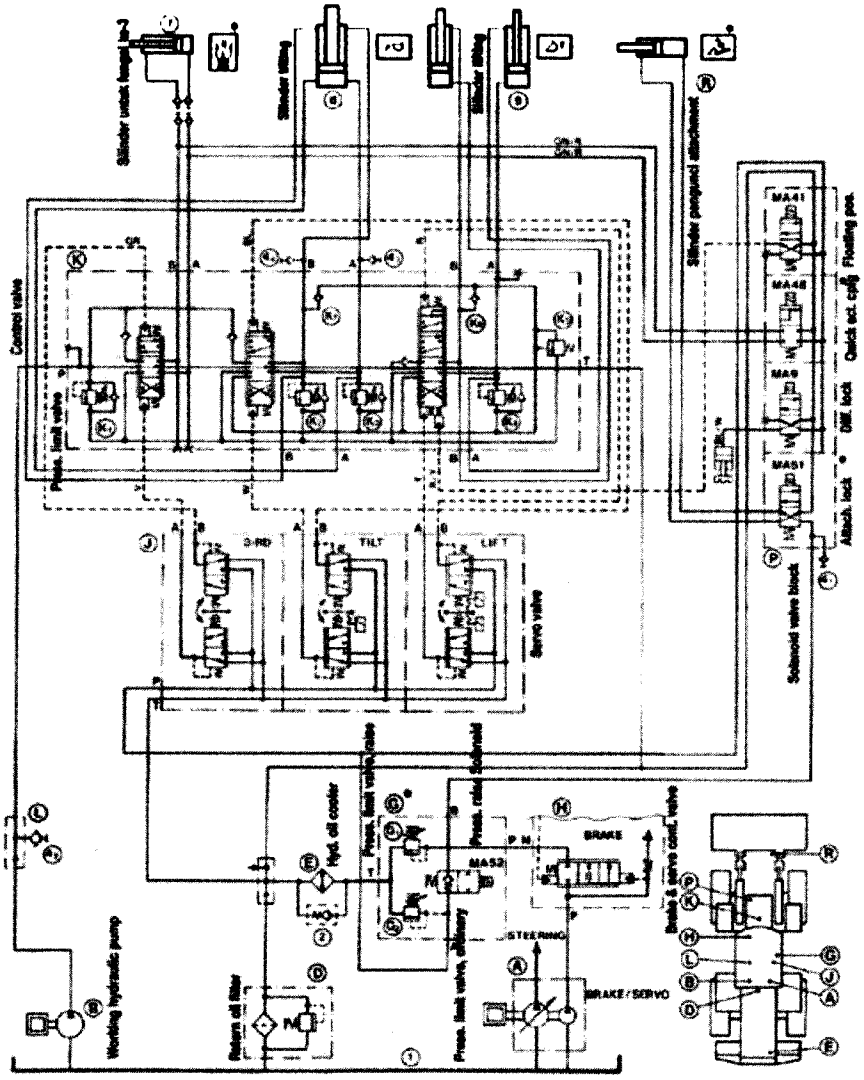


Gambar 8.41 Oil cooler pada fluida air dan udara
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

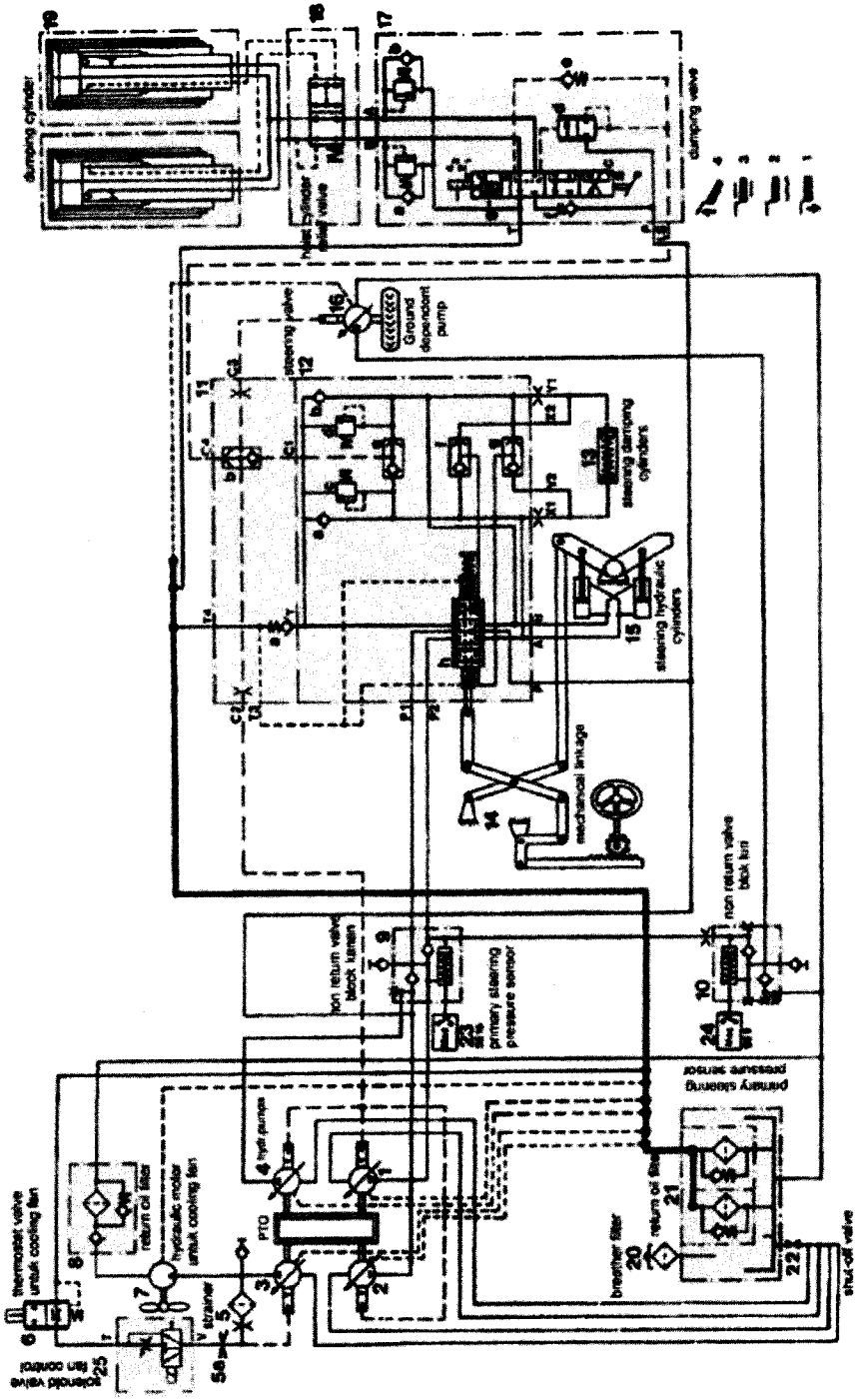
Berdasarkan asas Black, apabila dua zat` berbeda suhu didekatkan satu sama lain, maka sebagian kalor (energi panas) dari zat yang bersuhu lebih rendah hingga mencapai kesetimbangan thermik (suhu setimbang/sama).



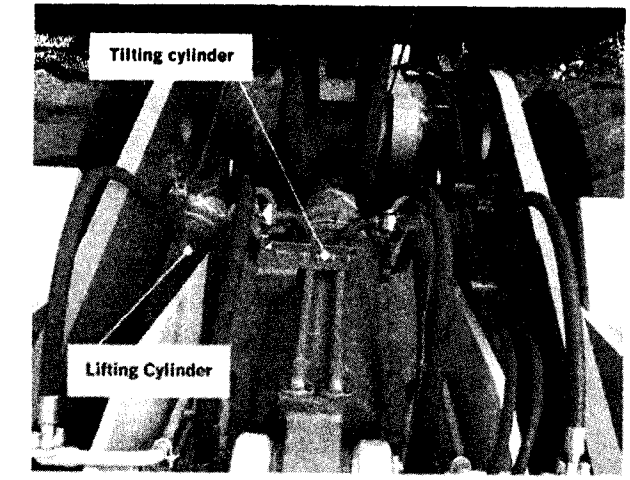
Gambar 8.42 Asas Black (Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

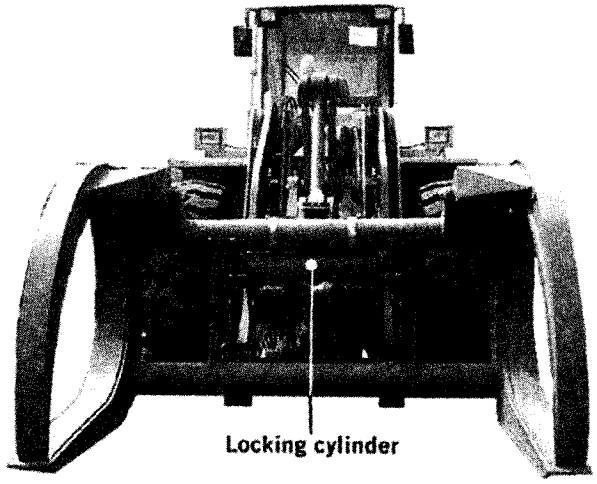


Gambar 8.43 Skema sistem Hidraulis Wheel Loader
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)



Gambar 8.44 Skema sistem Hidraulis Articulated Heuler
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)





Gambar 8.45 Beberapa jenis silinder
(Sumber: Catch me - Training centre PT. Inta)

Rangkuman

1. Hidraulika adalah ilmu yang menyangkut berbagai gerak dan keadaan kesetimbangan zat cair dan pemanfaatannya untuk melakukan suatu kerja.
2. Honsep dasar hidraulika menggunakan prinsip kesetimbangan (Hk. Pascal).

3. Salah satu keuntungan penggunaan sistem hidraulis adalah memiliki kemampuan untuk memindahkan gaya-gaya yang besar, walaupun komponen yang digunakan pada sistem hidraulis relatif sederhana, kompak sehingga hanya menggunakan ruang yang relatif kecil.
4. Komponen-komponen utama dari sistem hidraulis adalah: tangki oli hidraulis, filter, *pressure accumulator,* pompa, *control valve, regeneration*, servo/pilot valve, silinder kerja, hidraulis motor, *shock valve* dan *anti-cavitation valve,* serta *oil cooler.*

Pertanyaan

1. Jelaskan keuntungan dan kerugian pemakaian sistem hidraulis.
2. Apa yang dimaksud dengan *pressure accumulator?* Jelaskan fungsinya.
3. Apa yang dimaksud dengan *servo/pilot valve?* Jelaskan fungsinya.
4. Apa yang dimaksud dengan *shock valve* dan *anti-cavitation valve?* Jelaskan fungsinya.
5. Jelaskan mekanisme dari *oil cooler.*

Kasus

Pada bagian sambungan pipa kelihatan basah dan cepat kotor terkena debu. Mengapa hal ini bisa terjadi? Bagaimana pengaruhnya dan antisipasi terhadap permasalahan tersebut?

DAFTAR PUSTAKA

Catch me, *Computer-Aided Training Through Comprehensive and Hands-on Methods*. Jakarta: Training Centre PT Inta.

Rostiyanti, Susy Fatena. 2002. *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.

Rudenko, N. 1996. *Mesin Pengangkat*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

----------. 1998. *Handout Power Point Analisa Beban-Tenaga*. Training Centre Dept. PT United Tractors Tbk.

----------. 2004. *Komatsu Performance Handbook*. Japan: Komatsu Corp.

TENTANG PENULIS

Ahmad Kholil, ST. MT. dilahirkan di Indramayu 31 Agustus 1979, menyelesaikan pendidikan program sarjana teknik mesin pada Universitas Diponegoro Semarang pada Juni 2003. Selepas kuliah langsung bekerja di perkebunan kelapa sawit PT Astra Agro Lestari dan kemudian pindah ke MC Engineering Indonesia sebagai *staff engineering*. Pada 2006 mengambil kuliah di Program S2 Teknik Mesin di Universitas Indonesia dan berhasil diselesaikan dengan baik pada Juni 2008.

Mulai awal Tahun 2005 menjadi Dosen di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta dan salah satu tugasnya memberi kuliah Alat Berat pada mahasiswa Program S1 Pendidikan Teknik Mesin. Berbekal pengalaman kerja dan pelatihan-pelatihan yang dilakukan untuk menyusun Rencana Program dan Kegiatan Pembelajaran Semester (RPKPS) yang difasilitasi Fakultas Teknik, penulis menyusun modul bahan

ajar untuk mahasiswa. Karena pendidikan alat berat terus berkembang, baik di SMK maupun program D3 sehingga penulis menerbitkan menjadi buku untuk pembelajaran pelajar SMK, mahasiswa dan kalangan umum yang ingin mengetahui apa itu alat berat. Sampai saat ini penulis masih aktif mengajar di Jurusan Teknik Mesin.

"Tidak ada gading yang tak retak" bahwasanya buku ini belumlah sempurna. Penulis mengucapkan terima kasih kepada perusahan-perusahaan alat berat dan tentunya semoga buku ini bermanfaat.